

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-203023

(43)Date of publication of application : 25.07.2000

(51)Int.Cl.

B41J 2/045

B41J 2/055

B41J 2/16

(21)Application number : 11-010293

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 19.01.1999

(72)Inventor : ITSUSHIKI KAIHEI

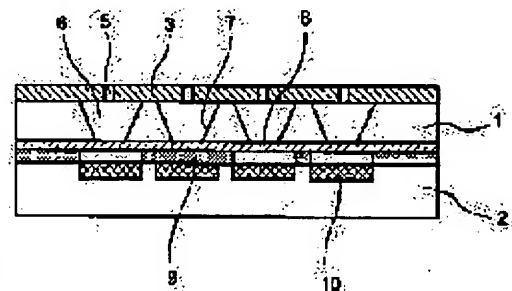
(54) ELECTROSTATIC ACTUATOR, MANUFACTURE THEREOF AND INK JET HEAD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an inexpensive electrostatic actuator, and a manufacturing method thereof, in which high density can be realized.

SOLUTION: A diaphragm substrate 1 and an electrode substrate 2 are bonded directly without using any adhesive and a silicon oxide 9 for forming a gap is provided on the diaphragm substrate 1 side.

Alternatively, a silicon oxide of having a thickness becoming a gap is formed by thermal oxidation on a silicon wafer where impurities are implanted heavily to the diaphragm substrate 1 on the side being bonded to the electrode substrate 2 and then it is patterned into a desired shape before being bonded to the electrode substrate 2.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-203023

(P2000-203023A)

(43)公開日 平成12年7月25日(2000.7.25)

(51)IntCl.	識別記号	F I	テーマコード(参考)
B 4 1 J	2/045	B 4 1 J 3/04	1 0 3 A 2 C 0 5 7
	2/055		1 0 3 H
	2/16		

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 23 頁)

(21)出願番号 特願平11-10293

(22)出願日 平成11年1月19日(1999.1.19)

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 一色 海平

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(74)代理人 230100631

弁護士 稲元 富保

Fターム(参考) 2C057 AF33 AF93 AG12 AG42 AG54

AG92 AG93 AP02 AP26 AP33

AP56 AQ02 BA03 BA04 BA15

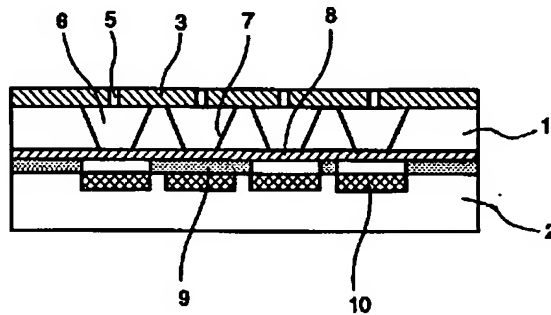
(54)【発明の名称】 静電型アクチュエータ及びその製造方法並びにインクジェットヘッド

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 安価で高密度化が可能な静電型アクチュエータおよびその製造技術の提供。

【解決手段】 第1実施例) 振動板基板1と電極基板2とを接着剤を用いなくて直接接合し、かつギャップ形成用のシリコン酸化膜9を振動基板1側に設けた。

第2実施例) 振動板基板1に半導体基板の電極基板2の接合面側に高濃度の不純物が注入されたシリコンウエハを用いて、このシリコンウエハに熱酸化化によってギャップとなる厚さのシリコン酸化膜を形成した後、接合面側のシリコン酸化膜を所望の形状にパターニングして電極基板2と接合した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 振動板を形成した振動板基板と、個別電極を形成した電極基板とを絶縁膜となるシリコン酸化膜によってギャップを形成して接合し、前記電極と振動板との間に電圧を印加することで前記振動板が変形する静電型アクチュエータにおいて、前記振動板基板と電極基板とを接着剤を用いずに直接接合し、且つ前記ギャップを形成するためのシリコン酸化膜を前記振動板基板側に設けたことを特徴とする静電型アクチュエータ。

【請求項2】 請求項1に記載の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、前記振動板基板に半導体基板の前記電極基板の接合面側に高濃度の不純物が注入されたシリコンウエハを用いて、このシリコンウエハに熱酸化によって前記ギャップとなる厚さのシリコン酸化膜を形成した後、接合面側のシリコン酸化膜を所望の形状にパターニングして前記電極基板と接合することを特徴とする静電型アクチュエータの製造方法。

【請求項3】 請求項1の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、前記振動板基板にSOI構造を持つ半導体基板を用いて、この半導体基板の前記電極基板との接合面側に、熱酸化法によってアクチュエータの必要ギャップとなる厚さのシリコン酸化膜を形成した後、接合面側のシリコン酸化膜を所望の形状にパターニングし、前記電極基板と接合することを特徴とする静電型アクチュエータの製造方法。

【請求項4】 請求項1の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、前記振動板基板にシリコン基板を用いて、このシリコン基板の前記電極基板との接合面上に、前記振動板の厚さとなるシリコン窒化膜を全面に形成した後、この窒化膜上にシリコン酸化膜をアクチュエータの必要ギャップとなる厚さにまで成膜した後、接合面側のシリコン酸化膜を所望の形状にパターニングし、前記電極基板と接合することを特徴とする静電型アクチュエータの製造方法。

【請求項5】 請求項1の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、前記振動板基板にシリコンウエハを用いて、このシリコンウエハの前記電極基板との接合面上に前記振動板の厚さとなるシリコン窒化膜を形成した後、前記振動板を形成する領域にのみシリコン窒化膜を残してパターニングした後、この窒化膜をマスクとして熱酸化を行い、選択的に前記シリコン基板を酸化し、アクチュエータの必要ギャップとなる厚さにまで酸化膜を成長させた後、前記電極基板と接合することを特徴とする静電型アクチュエータの製造方法。

【請求項6】 請求項1の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、前記振動板に半導体基板の前記電極基板との接合面側に高濃度の不純物が注入されたシリコンウエハを用いて、このシ

リコンウエハの接合面側の前記振動板となる領域をマスクした後、熱酸化によって酸化することで、前記振動板となる領域以外を選択的に酸化し、アクチュエータの必要ギャップとなる厚さに形成した後、前記マスクを除去し、前記電極基板と接合することを特徴とする静電型アクチュエータの製造方法。

【請求項7】 請求項1の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、前記振動板基板にSOI構造を持つ半導体基板を用いて、この半導体基板の前記電極基板との接合面上の前記振動板となる領域をマスクした後、熱酸化によって酸化することで、前記振動板となる領域以外を選択的に酸化し、アクチュエータの必要ギャップとなる厚さにまで酸化膜を形成した後、前記マスクを除去し、前記電極基板と接合することを特徴とする静電型アクチュエータの製造方法。

【請求項8】 請求項2又は3に記載の静電型アクチュエータの製造方法において、酸化膜のパターニング中に前記振動板基板の接合面側にシリコン酸化膜の薄膜を残し、又はパターニング終了後再度熱酸化を行って振動板裏側に酸化膜を形成したことを特徴とする静電型アクチュエータの製造方法。

【請求項9】 請求項1の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、前記電極基板はシリコン基板上に前記電極に対応するレジストパターンを形成し、このレジストパターンをマスクとして、イオン注入を行った後熱処理を行って活性層を形成する工程を有し、前記振動板基板と接合する前に接合面の酸化膜を完全に除去した後前記振動板基板と接合することを特徴とする静電型アクチュエータの製造方法。

【請求項10】 請求項1の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、前記電極基板はシリコン基板上に不純物の注入されたポリシリコン膜又は金属系導電膜を堆積した後、絶縁膜となるシリコン酸化膜を形成し、電極パターンを覆う形状の保護膜を形成し、この保護膜をマスクとしてエッチングを行って接合面となるシリコン基板を露出させた後、前記振動板基板と接合することを特徴とする静電型アクチュエータの製造方法。

【請求項11】 振動板及び個別電極を形成した振動板基板と、共通電極を形成した電極基板とを絶縁膜となるシリコン酸化膜によってギャップを形成して接合し、前記個別電極と共通電極との間に電圧を印加することで前記振動板が変形する静電型アクチュエータであって、前記振動板基板は低抵抗のシリコン基板であり、前記振動板基板と電極基板は接着剤を用いずに直接接合し、かつギャップを形成するためのシリコン酸化膜を前記振動板基板側に設けたことを特徴とする静電型アクチュエータ。

【請求項12】 請求項11に記載の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法におい

て、前記振動板を形成する半導体基板がSOI構造を持っており、接合面となる第1の導電型をもつシリコン面上に、熱酸化法によってアクチュエータの必要ギャップとなる厚さのシリコン酸化膜を形成した後、接合面側のシリコン酸化膜を所望の形状にレジストでパターンニングし、このパターン膜をマスクとして第2の導電型となるイオン注入を行って、振動板個々に個別電極を形成した後、シリコン基板との接合時の直接接合の熱で注入したイオンを活性化させることを特徴とする静電型アクチュエータの製造方法。

【請求項13】 請求項11の静電型アクチュエータの製造方法において、前記振動板を形成する半導体基板がシリコンウェハであり、接合面となるシリコン面上に振動板の厚さとなるシリコン窒化膜を形成した後、この窒化膜上にシリコン酸化膜をアクチュエータの必要ギャップとなる厚さにまで堆積形成し、このシリコン酸化膜を所望の形状にレジストでパターンニングした後、このレジストの付いた振動板基板に導電性の膜を堆積し、レジスト膜ごと振動板以外の部分の導電性の膜を除去することで、振動板個々に個別電極を形成した後、シリコン基板と直接接合することを特徴とする静電型アクチュエータの製造方法。

【請求項14】 インク滴を吐出するノズルと、ノズルが連通する吐出室と、この吐出室の壁面を形成する振動板及びこの振動板に所定のギャップをおいて対向配置した電極からなるアクチュエータとを備え、前記振動板と電極との間に電圧を印加することで前記ノズルからインク滴を吐出させる静電型インクジェットヘッドにおいて、前記アクチュエータが前記請求項1又は11に記載の静電型アクチュエータからなることを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項15】 インク滴を吐出するノズルと、ノズルが連通する吐出室と、この吐出室の壁面を形成する振動板及びこの振動板に所定のギャップをおいて対向配置した電極からなるアクチュエータとを備え、前記振動板と電極との間に電圧を印加することで前記ノズルからインク滴を吐出させる静電型インクジェットヘッドにおいて、前記アクチュエータが前記請求項2乃至10及び12乃至14のいずれかに記載の製造方法で製造した静電型アクチュエータからなることを特徴とするインクジェットヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は静電型アクチュエータ及びその製造方法並びにインクジェットヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】 プリンタ、ファクシミリ、複写装置等の画像記録装置として用いるインクジェット記録装置において使用するインクジェットヘッドは、インク滴を吐出するノズル孔と、このノズル孔が連通する吐出室（液

室、圧力室、加圧液室、インク流路等とも称される。）と、この吐出室内のインクを加圧するエネルギーを発生するエネルギー発生手段（アクチュエータ）とを備えて、アクチュエータを駆動することで吐出室内インクを加圧してノズル孔からインク滴を吐出させるものであり、記録の必要なきにのみインク滴を吐出するインク・オン・デマンド方式のものが主流である。そして、インク滴（記録液体）の発生方法及び飛翔方向を制御するための制御方法により、幾つかの方式に大別される。

10 【0003】ここで、静電型アクチュエータを用いるインクジェットヘッドとして、例えば、特開平4-52214号公報、特開平3-293141号公報などに記載されているように、シリコン基板からなる第1の基板（振動板基板）にエッチングによって液室とこの液室の一壁面を形成する振動板とを形成し、この第1の基板の下側に電極を形成した第2の基板（電極基板）を配置して、振動板に所定ギャップを置いて電極を対向させることで静電型アクチュエータを構成し、このアクチュエータの振動板と電極間に電圧を印加することで、静電力によって振動板を撓ませて液室の内容積を変化させて液室に連通するノズルからインク滴を吐出させるものが知られている。

20 【0004】このような静電型アクチュエータを用いたインクジェットヘッドにおいては、静電力を利用するためのギャップ精度が重要である。特に高精細な画像を得るためのインクジェットヘッドを製作する場合、高密度のドットを実現しなくてはならず、振動板として使えるピッチも小さくなる。そして、振動板の大きさが小さくなると、振動板を変形させるための大きな力が必要になり、静電型アクチュエータで大きな力を発生させるには、振動板と電極との間に与える駆動電圧を大きくして電界を強くするか、ギャップを小さくして電界を強くするしか方法がない。

30 【0005】この場合、駆動電圧を大きくすることは、ドライブ回路が高価になり、場合によっては汎用品が利用できず、一層のコスト高を招くことになると共に、消費電力が増大するなど問題が多くなることから、印加電圧（駆動電圧）を大きくせずにギャップを精度良くコントロールし、より小さなギャップでアクチュエータを駆動することが望まれる。

40 【0006】ところが、例えば150dpiを上回るような高密度のインクジェットヘッドを製作するには、振動板と電極とのギャップを1 $\mu$ m以下にしなければならない。また、振動板の駆動方式として非当接駆動、すなわち、振動板と電極とが当接しない状態で振動板を駆動する方式を採用したときには、振動板の変形で振動板と電極が接触しないように製作しなければならない。このように高精度のギャップを形成するには、LSI等の半導体製造技術を用いることが好ましい。

50 【0007】この場合、ギャップコントロールをする上

で電極基板と振動板基板との接合方法が重要になる。すなわち、半導体製造技術を用いて精度良く電極基板や、振動板を製造したとしても、その接合でギャップ精度が狂ってしまうのは高密度インクジェットヘッドを実用化することができない。そこで、シリコン基板を用いて直接接合することが知られている。

【0008】この直接接合は、基板表面に親水化処理を施した後、両基板を静かに張り合わせ、熱処理を加えることで両基板を接合するものである。この直接接合は特殊な処理を施すわけではないので、その基板の持つ表面性が非常に重要である。例えば、表面粗さや、表面のウネリなどは、接合性に大きな影響を及ぼし、一般には、表面粗さが15nm程度以上あると接合性が悪くなるとされている(例えば、応用物理 第60巻第8(1991)P.790)。

【0009】つまり、シリコン基板の直接接合を行なう場合、接合面を荒らしてしまうようなプロセスであってはいけない。しかしながら、半導体製造プロセスでは、その工程中にイオン注入や、フォトリソのアッシング工程、化学薬品による洗浄、エッチングなど、接合表面を荒らしてしまう可能性のある工程が繰り返されるため、プロセス設計が重要になる。

【0010】そのため、例えば、特開平5-50601号公報、特開平6-71882号公報に記載されているように、シリコン基板に異方性エッチングを施して電極溝を形成し、陽極接合によって振動板基板と電極基板を接合する方法が行われている。陽極接合は、300~450℃程度に加熱した環境下で、接合すべき基板間に数百ボルトの電圧を印加して接合するものである。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上述したように振動板と電極基板とを陽極接合で接合する場合には、接合拡散層の形成された半導体基板に高温下で電圧を印加するとジャンクションが破壊されてしまう懸念や、一方の基板がほぼガラス基板に限定されてしまうなどの問題がある。基板がガラスに限定されてしまうと、加工精度の問題から、微少なギャップの形成が困難になる。

【0012】本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、安価で高密度化が可能な静電型アクチュエータ及びその製造方法並びにインクジェットヘッドを提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、請求項1の静電型アクチュエータは、振動板を形成した振動板基板と、個別電極を形成した電極基板とを絶縁膜となるシリコン酸化膜によってギャップを形成して接合し、前記電極と振動板との間に電圧を印加することで前記振動板が変形する静電型アクチュエータにおいて、前記振動板基板と電極基板とを接着剤を用い

直接接合し、且つ前記ギャップを形成するためのシリコン酸化膜を前記振動板基板側に設けた構成とした。

【0014】請求項2の静電型アクチュエータの製造方法は、上記請求項1の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、前記振動板基板に半導体基板の前記電極基板の接合面側に高濃度の不純物が注入されたシリコンウエハを用いて、このシリコンウエハに熱酸化によって前記ギャップとなる厚さのシリコン酸化膜を形成した後、接合面側のシリコン酸化膜を所望の形状にパターニングして前記電極基板と接合する構成とした。

【0015】請求項3の静電型アクチュエータの製造方法は、上記請求項1の静電型アクチュエータをする静電型アクチュエータの製造方法において、前記振動板基板にSOI構造を持つ半導体基板を用いて、この半導体基板の前記電極基板との接合面側に、熱酸化法によってアクチュエータの必要ギャップとなる厚さのシリコン酸化膜を形成した後、接合面側のシリコン酸化膜を所望の形状にパターニングし、前記電極基板と接合する構成とした。

【0016】請求項4の静電型アクチュエータの製造方法は、上記請求項1の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、前記振動板基板にシリコン基板を用いて、このシリコン基板の前記電極基板との接合面上に、前記振動板の厚さとなるシリコン窒化膜を全面に形成した後、この窒化膜上にシリコン酸化膜をアクチュエータの必要ギャップとなる厚さにまで成膜した後、接合面側のシリコン酸化膜を所望の形状にパターニングし、前記電極基板と接合する構成とした。

【0017】請求項5の静電型アクチュエータの製造方法は、上記請求項1の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、前記振動板基板にシリコンウエハを用いて、このシリコンウエハの前記電極基板との接合面上に前記振動板の厚さとなるシリコン窒化膜を形成した後、前記振動板を形成する領域にのみシリコン窒化膜を残してパターニングした後、この窒化膜をマスクとして熱酸化を行い、選択的に前記シリコン基板を酸化し、アクチュエータの必要ギャップとなる厚さにまで酸化膜を成長させた後、前記電極基板と接合する構成とした。

【0018】請求項6の静電型アクチュエータの製造方法は、上記請求項1の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、前記振動板に半導体基板の前記電極基板との接合面側に高濃度の不純物が注入されたシリコンウエハを用いて、このシリコンウエハの接合面側の前記振動板となる領域をマスクした後、熱酸化によって酸化することで、前記振動板となる領域以外を選択的に酸化し、アクチュエータの必要ギャップとなる厚さに形成した後、前記マスクを除去し、

前記電極基板と接合する構成とした。

【0019】請求項7の静電型アクチュエータの製造方法は、上記請求項1の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、前記振動板基板にSOI構造を持つ半導体基板を用いて、この半導体基板の前記電極基板との接合面上の前記振動板となる領域をマスクした後、熱酸化によって酸化することで、前記振動板となる領域以外を選択的に酸化し、アクチュエータの必要ギャップとなる厚さにまで酸化膜を形成した後、前記マスクを除去し、前記電極基板と接合する構成とした。

【0020】請求項8の静電型アクチュエータの製造方法は、上記請求項2又は3の静電型アクチュエータの製造方法において、酸化膜のパターニング中に前記振動板基板の接合面側にシリコン酸化膜の薄膜を残し、又はパターニング終了後再度熱酸化を行って振動板裏側に酸化膜を形成した構成とした。

【0021】請求項9の静電型アクチュエータの製造方法は、上記請求項1の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、前記電極基板はシリコン基板上に前記電極に対応するレジストパターンを形成し、このレジストパターンをマスクとして、イオン注入を行った後熱処理を行って活性層を形成する工程を有し、前記振動板基板と接合する前に接合面の酸化膜を完全に除去した後前記振動板基板と接合する構成とした。

【0022】請求項10の静電型アクチュエータの製造方法は、上記請求項1の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、前記電極基板はシリコン基板上に不純物の注入されたポリシリコン膜又は金属系導電膜を堆積した後、絶縁膜となるシリコン酸化膜を形成し、電極パターンを覆う形状の保護膜を形成し、この保護膜をマスクとしてエッチングを行って接合面となるシリコン基板を露出させた後、前記振動板基板と接合する構成とした。

【0023】請求項11の静電型アクチュエータは、振動板及び個別電極を形成した振動板基板と、共通電極を形成した電極基板とを絶縁膜となるシリコン酸化膜によってギャップを形成して接合し、前記個別電極と共通電極との間に電圧を印加することで前記振動板が変形する静電型アクチュエータであって、前記振動板基板は低抵抗のシリコン基板であり、前記振動板基板と電極基板は接着剤を用いずに直接接合し、かつギャップを形成するためのシリコン酸化膜を前記振動板基板側に設けた構成とした。

【0024】請求項12の静電型アクチュエータの製造方法は、上記請求項11の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、前記振動板を形成する半導体基板がSOI構造を持っており、接合面となる第1の導電型をもつシリコン面上に、熱酸

化法によってアクチュエータの必要ギャップとなる厚さのシリコン酸化膜を形成した後、接合面側のシリコン酸化膜を所望の形状にレジストでパターニングし、このパターン膜をマスクとして第2の導電型となるイオン注入を行って、振動板個々に個別電極を形成した後、シリコン基板との接合時の直接接合の熱で注入したイオンを活性化させる構成とした。

【0025】請求項13の静電型アクチュエータの製造方法は、上記請求項11の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、前記振動板を形成する半導体基板がシリコンウェハであり、接合面となるシリコン面上に振動板の厚さとなるシリコン窒化膜を形成した後、この窒化膜上にシリコン酸化膜をアクチュエータの必要ギャップとなる厚さにまで堆積形成し、このシリコン酸化膜を所望の形状にレジストでパターニングした後、このレジストの付いた振動板基板に導電性の膜を堆積し、レジスト膜ごと振動板以外の部分の導電性の膜を除去することで、振動板個々に個別電極を形成した後、シリコン基板と直接接合する構成とした。

【0026】請求項14のインクジェットヘッドは、インク滴を吐出するノズルと、ノズルが連通する吐出室と、この吐出室の壁面を形成する振動板及びこの振動板に所定のギャップをおいて対向配置した電極からなるアクチュエータとを備え、前記振動板と電極との間に電圧を印加することで前記ノズルからインク滴を吐出させる静電型インクジェットヘッドにおいて、前記アクチュエータが前記請求項1又は11の静電型アクチュエータからなる構成とした。

【0027】請求項15のインクジェットヘッドは、インク滴を吐出するノズルと、ノズルが連通する吐出室と、この吐出室の壁面を形成する振動板及びこの振動板に所定のギャップをおいて対向配置した電極からなるアクチュエータとを備え、前記振動板と電極との間に電圧を印加することで前記ノズルからインク滴を吐出させる静電型インクジェットヘッドにおいて、前記アクチュエータが前記請求項2乃至10及び12乃至14のいずれかの製造方法で製造した静電型アクチュエータからなる構成とした。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を添付図面をも参照して説明する。図1は本発明に係る静電型アクチュエータを備えたインクジェットヘッドの第1実施形態を示す模式的断面図である。このインクジェットヘッドは、請求項1の発明に係る静電型アクチュエータを備えたものである。

【0029】このインクジェットヘッドは、振動板基板1と、この振動板基板1の下側に設けた電極基板2と、振動板基板1の上側に設けたノズルプレート3とを備え、インク滴を吐出する複数のノズル5と、各ノズル5



が連通する吐出室（液室）6などを形成している。

【0030】振動板基板1には、液室6を形成する凹部7と、凹部7の底部をなし、共通電極となる振動板8と、電極基板2の電極とのギャップを形成するシリコン酸化膜9とを設けている。なお、この振動板基板1若しくはこの振動板基板1とノズルプレート3との間に介在させる共通液室部材などに液室6にインクを供給する共通インク室、共通インク室と液室6とを連通する流体抵抗部などを形成する。

【0031】電極基板2には振動板基板1の振動板8とシリコン酸化膜9で形成されるギャップを介して対向する個別電極10を設けている。これらの振動板8と個別電極10によって液室6内のインクを加圧してノズル5から吐出させるためのアクチュエータを構成している。

【0032】ここで、振動板基板1と電極基板2とは接着剤を用いずに直接接合し、且つ振動板8と個別電極10とのギャップを形成するシリコン酸化膜9を振動板基板1側に設けている。これにより、半導体プロセスを用いてアクチュエータを製造する場合に、振動板基板1と電極基板2との接合面のあれを発生させることなく、直接接合によるアクチュエータ部を得ることができ、ギャップ精度が向上し、より高密度のインクジェットヘッドを得ることができる。

【0033】次に、図2は本発明に係る静電型アクチュエータを備えたインクジェットヘッドの第2実施形態を示す模式的断面図である。このインクジェットヘッドは請求項11に係る静電型アクチュエータを備えたものである。

【0034】このインクジェットヘッドは、振動板基板11と、この振動板基板11の下側に設けた電極基板12と、振動板基板11の上側に設けたノズルプレート13とを備え、インク滴を吐出する複数のノズル15と、各ノズル15が連通する吐出室（液室）16などを形成している。

【0035】振動板基板11には、液室16を形成する凹部17と、凹部17の底部をなす振動板18と、各液室16に対応して振動板18に設けた個別電極20と、共通電極となる電極基板12とのギャップを形成するシリコン酸化膜19とを設けている。なお、この振動板基板11若しくはこの振動板基板11とノズルプレート13との間に介在させる共通液室部材などに液室16にインクを供給する共通インク室、共通インク室と液室16とを連通する流体抵抗部などを形成する。

【0036】振動板基板11の個別電極20と電極基板12は振動板基板11のシリコン酸化膜19で形成されるギャップを介して対向し、これらの個別電極20を含む振動板18と電極基板12によって液室16内のインクを加圧してノズル15から吐出させるためのアクチュエータを構成している。

【0037】ここで、振動板基板11と電極基板12と

は接着剤を用いずに直接接合し、且つ振動板基板11の個別電極20と電極基板12のギャップを形成するシリコン酸化膜19を振動板基板11側に設けている。これにより、半導体プロセスを用いてアクチュエータを製造する場合に、振動板基板11と電極基板12との接合面のあれを発生させることなく、直接接合によるアクチュエータ部を得ることができ、ギャップ精度が向上し、より高密度のインクジェットヘッドを得ることができる。

【0038】次に、本発明に係る静電型アクチュエータの製造方法の第1実施形態について図3乃至図5を参照して説明する。なお、図3は請求項2に係る発明を適用した振動板基板の製造工程を説明する説明図、図4は請求項9に係る発明を適用した電極基板の製造工程を説明する説明図、図5は図3の振動板基板と図4の電極基板とを接合して静電型アクチュエータを製作する工程を説明する説明図である。

【0039】まず、図3(a)に示すように振動板基板となるシリコン基板31は、P型の極性を持つ結晶面方位が<110>の基板であり、その両面を鏡面に研磨している。このようなシリコン基板を使用するのは、シリコンのウェットエッチング速度の面異方性を利用し、精度の良い加工形状を得るためである。

【0040】このシリコン基板31の電極基板との接合面となる側の面には、固体拡散法等によって高濃度のボロンを注入して、高濃度ボロン層32を形成している。この高濃度ボロン層32の厚さは、振動板の厚さになるように拡散している。このシリコン基板を出発材料として使用する。

【0041】そして、同図(b)に示すように、このシリコン基板31をパイロ酸化（ウェット酸化）法や、ドライ酸化等の熱酸化法によって酸化し、シリコン基板31の表面にシリコン酸化膜34を形成する。このときのシリコン酸化膜34の厚さは、静電型アクチュエータのギャップに等しい分の厚さとする。本実施形態では約400μmの厚さに形成した。

【0042】次に、同図(c)に示すように、このシリコン基板31の両面にフォトレジスト膜35を塗布形成した後、同図(d)に示すように、両面露光機を用いて、フォトレジスト膜35に接合面側の振動板と個別電極とのギャップ部分となる開口パターン37と、振動板を形成するためのエッチング開口部分となるパターン36を形成する。ここで、両面露光機を利用するのは、ギャップ部分となる開口パターン37とエッチング開口部分となるパターン36の位置合わせ精度を確保するためである。

【0043】そして、フォトレジスト膜35をマスクとして、5%程度の濃度の弗化水素溶液を用いて、シリコン酸化膜34をエッチングし、同図(e)に示すように、シリコン酸化膜4にエッチング開口38及びギャップ



ブ開口39を形成した後、フォトレジスト膜35を除去する。

【0044】このフォトレジスト膜35の剥離には、フォトレジストメーカーが指定する剥離液を使ったプロセスとすることが好ましい。酸素プラズマを使ったフォトレジストのアッシング装置を使用しても良いが、その場合はシリコン酸化膜34にダメージ(表面荒れや、レジスト灰の残など)が出ないようにしておく必要がある。

【0045】一方、図4(a)に示すように、電極基板となるシリコン基板41は、P型の極性を持ちその結晶面方位が<110>である基板であり、振動板基板との接合面側を鏡面に仕上っている。

【0046】そして、同図(b)に示すように、シリコン基板41の面にバッファ酸化膜となるシリコン酸化膜44を熱酸化法によって形成する。このときのシリコン酸化膜44の膜厚は、イオン注入に耐え得る程度の膜厚が必要である。ここでは約1μm厚さに形成した。

【0047】続いて、同図(c)に示すように、このシリコン基板41の接合面(鏡面側)にフォトレジスト膜45を形成した後、イオン注入を行う領域のみフォトレジスト膜45が開口するようにパターニングして開口46を形成する。

【0048】その後、同図(d)に示すように、このフォトレジスト膜45をマスクとして、シリコン酸化膜14をエッチングする。続いて、フォトレジスト膜45を除去し、高濃度のアルカリ金属の水酸化物溶液(例えば80℃に加熱した30%-KOH溶液)中にシリコン基板41を浸し、シリコン面を選択的にエッチングして凹部47を形成する。このときのエッチング量は、接合時のアライメントに使用するので、目視で分る程度の深さまでエッチングすれば良い。ここでは、約100μmの深さにまでエッチングした。

【0049】そして、このシリコン基板41の凹部47に電極とするためのイオン注入を行う。ここでは、P型のシリコン基板41を使用しているのので、燐等のN型となる不純物イオンを注入して、凹部47にイオン層49を形成する。なお、イオン注入は70keV-3E18cm<sup>3</sup>の条件で行った。

【0050】続いて、同図(e)に示すように、シリコン基板41表面に形成したバッファ酸化膜44を5%程度の濃度の弗化水素溶液を用いて完全に除去して電極基板とする。

【0051】次に、上述のようにして作成した振動板基板となるシリコン基板31と電極基板となるシリコン基板41の直接接合を行う。まず、上記のシリコン基板310と電極基板41を洗浄する。ここでは、アンモニア水+過酸化水素水+水を用いた洗浄を行い、ウェハ表面のゴミを除去した。次に、室温での接合性を高める目的で親水性を付与する処理を行う。ここでは、硫酸+過酸化水素水を用いた薬液処理を行った。

【0052】そして、アライナーを用いて、シリコン基板31のギャップ形成用のシリコン酸化膜34のパターン(特に、アライメント用のパターンを作っておいてもよい)と、シリコン基板41のイオン注入領域を示す形り込みパターン(特に、アライメント用のパターンを作っておいてもよい)を使ってアライメントを取り、静かに貼り合わせる。

【0053】続いて、初期ボイドの発生がないかIRインスペクション装置等を用いて検査した後、拡散炉等の加熱炉に入れて加熱し、図5(a)に示すように、シリコン基板31となるシリコン基板41同士を接合させる。このとき、同時にシリコン基板41に注入したイオン層19が活性化して個別電極51として使用できる状態になる。なお、このときの条件は850℃、2時間で行った。また、シリコン基板41の表面にはエッチング保護膜52を形成している。

【0054】次に、同図(b)に示すように、シリコン基板31側のエッチング用開口38部分を残して表面についているシリコン酸化膜34をマスクとして、高濃度のアルカリ金属の水酸化物溶液(例えば、80℃に加熱した30%-KOH溶液)中にシリコン基板を浸し、シリコン面を選択的にエッチングして振動板によって加圧される液室となる凹部53を形成する。

【0055】このとき、シリコン基板31のエッチングは高濃度に注入されたボロン層32の領域までくると、自発的にエッチングがストップするため、極薄い振動板54を精度良く作り出すことができる。ここでは約2μmの厚さの振動板54を形成した。

【0056】その後、同図(c)に示すように振動板基板となるシリコン基板31のシリコン酸化膜34及び電極基板となるシリコン基板41の保護膜52を除去して静電型アクチュエータを得た。なお、この静電型アクチュエータは、振動板54の厚さ2μm、振動板54と個別電極51との間のギャップの距離500nm(400nm+100nm)となる。

【0057】このようにして得られた静電型アクチュエータは、高濃度ボロン層32からなる振動板54を形成したシリコン基板からなる振動板基板31と、個別電極51を形成したシリコン基板からなる電極基板41とを絶縁膜となるシリコン酸化膜34によってギャップを形成して接着剤を用いないで直接接合し、且つギャップを形成するためのシリコン酸化膜34を振動板基板31側に設けたものである。

【0058】このように、振動板基板と電極基板とを接着剤を用いないで直接接合し、且つギャップを形成するためのシリコン酸化膜を振動板基板側に設けることによって、半導体製造プロセスを用いることによる接合面のあれを発生させることなく、直接接合による静電型アクチュエータを得ることができ、ギャップ精度が向上して、更により高密度のデバイスを得ることができる。

【0059】そして、この場合、上述したように、振動板基板に半導体基板の電極基板の接合面側に高濃度の不純物が注入されたシリコンウエハを用いて、このシリコンウエハに熱酸化によってギャップとなる厚さのシリコン酸化膜を形成した後、接合面側のシリコン酸化膜を所望の形状にパターニングして電極基板と接合することにより、振動板基板と電極基板とを接着剤を用いずに直接接合し、且つギャップを形成するためのシリコン酸化膜を振動板基板側に設けた静電型アクチュエータを製造することができる。

【0060】また、上述したように、電極基板はシリコン基板上に電極に対応するレジストパターンを形成し、このレジストパターンをマスクとして、イオン注入を行った後熱処理を行って電極となる活性層を形成する工程を有し、振動板基板と接合する前に接合面の酸化膜を完全に除去した後振動板基板と接合することによって、振動板基板と電極基板とを接着剤を用いずに直接接合し、且つギャップを形成するためのシリコン酸化膜を振動板基板側に設けた静電型アクチュエータを製造することができる。

【0061】次に、本発明に係る静電型アクチュエータの第2実施形態について図6及び図7を参照して説明する。図6は請求項3に係る発明を適用した振動板基板の製造工程を説明する説明図、図7は図6の振動板基板と図4の電極基板とを接合して静電型アクチュエータを製作する工程を説明する説明図である。

【0062】同図(a)に示すように、振動板基板となるシリコン基板60は、SOI (Silicon on Insulator) の構造を持つウエハを利用する。振動板を形り込むためのシリコン面61はP型の極性を持ちその結晶面方位が<110>であり、振動板となるシリコン面62は、板厚を振動板の厚さ(ここでは約2μm)に仕上げており、その結晶面方位は<100>である。極性はP型及びN型のいずれでもよいが、P型の方がコスト的には安くなる。また、シリコン面61とシリコン面62との中間に挟まれる絶縁層はシリコン酸化膜63であり、その厚さは約150~200μmのSOI基板を使用した。このシリコン基板60の両面は鏡面に研磨している。このシリコン基板60を出発材料として使用する。

【0063】同図(b)に示すように、このシリコン基板60をパイロ酸化(ウエット酸化)法や、ドライ酸化等の熱酸化法によって酸化し、シリコン基板60の表面にシリコン酸化膜64を形成する。このときのシリコン酸化膜64の厚さは、静電型アクチュエータのギャップに等しい分の厚さとする。ここでは、約400μmの厚さに形成した。

【0064】次に、同図(c)に示すように、このシリコン基板60の両面にフォトリソ膜65を塗布形成した後、同図(d)に示すように、両面露光機を用いて、フォトリソ膜65に接合面側のギャップ部分と

なるパターン67と、振動板を形成するためのエッチング開口部分となるパターン66を形成する。ここで、両面露光機を利用するのは、ギャップ層となるパターンと、エッチング開口部分の位置合わせ精度を確保するためである。

【0065】そして、同図(e)に示すように、フォトリソ膜65をマスクとして、5%程度の濃度の弗化水素溶液を用いて、シリコン酸化膜64をエッチングしてエッチング開口68及びギャップ開口69を形成し、フォトリソ膜65を除去する。

【0066】このフォトリソ膜の剥離には、フォトリソ膜メーカーが指定する剥離液を使ったプロセスとすることが好ましい。酸素プラズマを使ったフォトリソ膜のアッシング装置を使用しても良いが、その場合はシリコン酸化膜64にダメージ(表面荒れや、レジスト灰の残など)が出ないようにしておく必要がある。

【0067】その後、この振動板基板となるシリコン基板60と図4と同様に形成した電極基板41とを、図7(a)に示すように前述した第1実施形態と同様な工程を経て直接接合する。そして、同図(b)に示すように、シリコン基板60のシリコン面61側のエッチング用開口68を残して表面に付いているシリコン酸化膜64をマスクとして、高濃度のアルカリ金属の水酸化物溶液中にシリコン基板を浸し、シリコン面61を選択的にエッチングして液室となる凹部53を形成する。なお、この場合、電極基板41の外表面にはエッチングのための保護膜52を設けている。

【0068】このとき、シリコン基板60のシリコン面61のエッチングは、シリコン酸化膜64の絶縁層までエッチングされると、自発的にエッチングがストップするため、極薄いシリコン面62からなる振動板54を精度良く作り出すことができる。その後、同図(c)に示すようにシリコン基板60のシリコン酸化膜64及び電極基板41の保護膜52を除去する。このとき、シリコン面62で形成される振動板54に対応する絶縁膜としてのシリコン酸化膜63の部分も除去されて振動板54が形成され、この振動板54に対向する個別電極51とをギャップを置いて対向させた静電型アクチュエータを得る。

【0069】このように振動板基板にSOI構造を持つ半導体基板を用いて、この半導体基板の電極基板との接合面側に、熱酸化法によってアクチュエータの必要ギャップとなる厚さのシリコン酸化膜を形成した後、接合面側のシリコン酸化膜を所望の形状にパターニングし、電極基板と接合することによって、振動板基板と電極基板とを接着剤を用いずに直接接合し、且つギャップを形成するためのシリコン酸化膜を振動板基板側に設けた静電型アクチュエータを製造することができる。

【0070】次に、本発明に係る静電型アクチュエータの第3実施形態について図8及び図9を参照して説明す

る。図8は請求項4に係る発明を適用した振動板基板の製造工程を説明する説明図、図9は図8の振動板基板と図4の電極基板とを接合して静電型アクチュエータを製作する工程を説明する説明図である。

【0071】同図(a)に示すように、振動板基板となるシリコン基板71は、その結晶面方位が<110>であり、両面を鏡面に研磨している。このシリコン基板71を出発材料として使用する。そして、このシリコン基板71の電極基板との接合面側にCVD法を用いて、シリコン窒化膜72を堆積させる。このときにシリコン窒化膜72の膜厚は振動板の膜厚とする。

【0072】次に、同図(b)に示すように、シリコン基板71の全面にシリコン酸化膜74を形成する。シリコン窒化膜72上には熱酸化膜が殆ど成長しないので、CVD法等の方法でシリコン酸化膜74を形成する。このときのシリコン酸化膜74の厚さは、静電型アクチュエータのギャップに等しい分の厚さとする。ここでは、約400nmの厚さに形成した。

【0073】そして、同図(c)に示すようにシリコン基板71の両面にフォトレジスト75を塗布した後、同図(d)に示すように、両面露光機を用いて、接合面側のギャップ部分となるパターン77と、振動板を形成するためのエッチング開口部分となるパターン76を形成する。ここで、両面露光機を利用するのは、ギャップ層となるパターンと、エッチング開口部分の位置合わせ精度を確保するためである。

【0074】次に、フォトレジスト75をマスクとして、5%程度の濃度の弗化水素溶液を用いて、シリコン酸化膜74をエッチングしてエッチング開口78及びギャップ開口79を形成し、同図(e)に示すようにフォトレジストを除去する。このフォトレジストの剥離には、フォトレジストメーカーが指定する剥離液を使ったプロセスとする事が望ましい。酸素プラズマを使ったフォトレジストのアッシング装置を使用しても良いが、その場合はシリコン酸化膜にダメージ(表面荒れや、レジスト灰の残など)が出ないようにしておく必要がある。

【0075】その後、図9(a)に示すように、前述した第1実施形態と同様な方法で振動板基板71と図4に示す電極基板41と直接接合させる。そして、同図

(b)に示すように、シリコン基板71側のエッチング用開口78部分を残して表面に付いているシリコン酸化膜74をマスクとして、高濃度のアルカリ金属の水酸化物溶液中にシリコン基板を浸し、シリコン面を選択的にエッチングして液室となる凹部53を形成する。なお、この場合、電極基板41の外表面にはエッチングのための保護膜52を設けている。

【0076】このとき、シリコン基板71のエッチングは、シリコン窒化膜72までエッチングされると、自発的にエッチングがストップするため、極薄いシリコン窒化膜72からなる振動板54を精度良く作り出すことが

できる。その後、同図(c)に示すように振動板基板71のシリコン酸化膜74及び電極基板41の保護膜52を除去して振動板54と、振動板54に対向する個別電極51とをギャップを置いて対向させた静電型アクチュエータを得る。

【0077】このように振動板基板にシリコン基板を用いて、このシリコン基板の電極基板との接合面上に、振動板の厚さとなるシリコン窒化膜を全面に形成した後、この窒化膜上にシリコン酸化膜をアクチュエータの必要ギャップとなる厚さにまで成膜した後、接合面側のシリコン酸化膜を所望の形状にパターニングし、電極基板と接合することにより、振動板基板と電極基板とを接着剤を用いなくて直接接合し、且つギャップを形成するためのシリコン酸化膜を振動板基板側に設けた静電型アクチュエータを製造することができる。

【0078】次に、本発明に係る静電型アクチュエータの製造方法の第4実施形態について図10を参照して説明する。図10は請求項5に係る発明を適用した製造工程を説明する説明図である。先ず、同図(a)に示すように、振動板基板となるシリコン基板81は、その結晶面方位が<110>であり、両面を鏡面に研磨している。このシリコン基板81を出発材料として使用する。

【0079】そして、シリコン基板81にバッファ酸化膜となるシリコン酸化膜を薄く形成する(図示せず)。このシリコン基板81にCVD法を用いて、シリコン窒化膜82を堆積させる。このときのシリコン窒化膜82の膜厚は振動板の膜厚とする。

【0080】次に、同図(b)に示すように、シリコン基板81の電極基板との接合面側にフォトレジスト85を塗布し、同図(c)に示すように振動板の形状に対応する振動板パターン部分89を残したパターニングをする。続いて、このフォトレジスト85の振動板パターン部分89をマスクとして、シリコン窒化膜82をエッチングして、シリコン酸化膜82を振動板形状にする。

【0081】そして、同図(d)に示すように、フォトレジスト85を剥離した後、パイロ酸化等の方法でシリコン基板81を熱酸化する。これによって、シリコン窒化膜82で覆われた領域には酸化膜が成長せず、選択的にシリコン酸化膜84が形成される。このときのシリコン酸化膜84の厚さは、静電型アクチュエータのギャップに等しい分の厚さとする。ここでは、約400μmの厚さに形成した。

【0082】次に、同図(e)に示すように、このシリコン基板81の上面にフォトレジスト85を塗布した後、両面露光機を用いて、液室凹部を形成するためのエッチング部分のパターン86を形成し、同図(f)に示すように、シリコン酸化膜84をエッチングしてエッチング開口88を形成し、フォトレジスト85を除去して、振動板基板を得る。

【0083】このフォトレジストの剥離には、フォトレ

ジストメーカーが指定する剥離液を使ったプロセスとすることが好ましい。酸素プラズマを使ったフォトレジストのアッシング装置を使用しても良いが、その場合はシリコン酸化膜にダメージ（表面荒れや、レジスト灰の残など）が出ないようにしておく必要がある。

【0084】その後、上述した各実施形態と同様にして、振動板基板となるシリコン基板81と電極基板41とを直接接合し、シリコン基板81側のエッチング用開口88部分を残して表面についているシリコン酸化膜84をマスクとして、高濃度のアルカリ金属の水酸化物溶液（例えば、80℃に加熱した30%-KOH溶液）中にシリコン基板を浸し、シリコン基板81を選択的にエッチングして液室となる凹部53を形成する。このとき、シリコン基板のエッチングは、シリコン基板81のシリコン窒化膜82までエッチングされると、自発的にエッチングがストップため、極薄いシリコン窒化膜からなる振動板54を精度良く作り出すことができる。

【0085】その後、同図（g）に示すように振動板基板となるシリコン基板81のシリコン酸化膜84及び電極基板41の保護膜を除去して振動板54と、振動板54に対向する個別電極51とをギャップを置いて対向させた静電型アクチュエータを得る。

【0086】このように振動板基板にシリコンウェハを用いて、このシリコンウェハの電極基板との接合面上に振動板の厚さとなるシリコン窒化膜を形成した後、振動板を形成する領域にのみシリコン窒化膜を残してパターンニングした後、この窒化膜をマスクとして熱酸化を行い、選択的にシリコン基板を酸化し、アクチュエータの必要ギャップとなる厚さにまで酸化膜を成長させた後、電極基板と接合することによって、振動板基板と電極基板とを接着剤を用いなくて直接接合し、且つギャップを形成するためのシリコン酸化膜を振動板基板側に設けた静電型アクチュエータを製造することができる。

【0087】次に、本発明に係る静電型アクチュエータの製造方法の第5実施形態について図11を参照して説明する。図11は請求項6に係る発明を適用した製造工程を説明する説明図である。同図（a）に示すように、振動板基板となるシリコン基板91は、P型の極性を持ちその結晶面方位が<110>であり、両面を鏡面に研磨している。このシリコン基板91の電極基板との接合面となる側の面には、固体拡散法等の手段を用いて、高濃度のボロンが注入して、高濃度ボロン層92を形成している。この高濃度ボロン層92の厚さは、振動板の厚さになるように拡散させてある。このシリコン基板を出発材料として使用する。

【0088】まず、このシリコン基板91にはバッファー酸化膜となるシリコン酸化膜を薄く形成する（図示せず）。そして、同図（b）に示すように、このシリコン基板91の電極基板との接合面側にCVD法を用いて、シリコン窒化膜93を堆積させる。

【0089】そして、このシリコン基板91の接合面側にフォトレジスト95を塗布し、振動板の形状に対応する振動板パターン部分99を残したパターンニングをする。続いて、同図（c）に示すように、このフォトレジスト95の振動板パターン部分99をマスクとして、シリコン窒化膜93及び高濃度ボロン層92をエッチングして、高濃度ボロン層92を振動板形状にする。

【0090】その後、同図（d）に示すように、フォトレジスト95を剥離した後、パイロ酸化等の方法でシリコン基板91を熱酸化する。これによって、シリコン窒化膜93で覆われた領域には酸化膜が成長せず、選択的にシリコン酸化膜94が形成される。このときのシリコン酸化膜94の厚さは、静電型アクチュエータのギャップに等しい分の厚さとする。ここでは、約400μmの厚さに形成した。

【0091】次に、同図（e）に示すように、このシリコン基板91の凹部形成のためのエッチング面にフォトレジスト95を塗布した後、両面露光機を用いて、振動板を形成するためのエッチング開口部分となるパターン96を形成し、同図（f）に示すように、シリコン酸化膜94をエッチングしてエッチング開口98を形成し、フォトレジスト95を除去して、シリコン窒化膜93を除去して振動板基板を得る。

【0092】このフォトレジストの剥離には、フォトレジストメーカーが指定する剥離液を使ったプロセスとすることが好ましい。酸素プラズマを使ったフォトレジストのアッシング装置を使用しても良いが、その場合はシリコン酸化膜にダメージ（表面荒れや、レジスト灰の残など）が出ないようにしておく必要がある。

【0093】その後、上述した各実施形態と同様にして、振動板基板となるシリコン基板91と電極基板41とを直接接合し、シリコン基板91側のエッチング用開口67部分を残して表面についているシリコン酸化膜94をマスクとして、高濃度のアルカリ金属の水酸化物溶液中にシリコン基板を浸し、シリコン面を選択的にエッチングして液室となる凹部53を形成する。このとき、シリコン基板のエッチングは、シリコン基板91に注入された高濃度ボロン層92までエッチングされると、自発的にエッチングがストップため、極薄いボロン層からなる振動板54を精度良く作り出すことができる。

【0094】その後、同図（g）に示すように振動板基板となるシリコン基板91のシリコン酸化膜94及び電極基板41の保護膜を除去して振動板54と、振動板54に対向する個別電極51とをギャップを置いて対向させた静電型アクチュエータを得る。

【0095】このように振動板に半導体基板の電極基板との接合面側に高濃度の不純物が注入されたシリコンウェハを用いて、このシリコンウェハの接合面側の振動板となる領域をマスクした後、熱酸化によって酸化することとで、振動板となる領域以外を選択的に酸化し、アクチ

ュータの必要ギャップとなる厚さに形成した後、マスクを除去し、電極基板と接合することにより、振動板基板と電極基板とを接着剤を用いないで直接接合し、且つギャップを形成するためのシリコン酸化膜を振動板基板側に設けた静電型アクチュエータを製造することができる。

【0096】次に、本発明に係る静電型アクチュエータの製造方法の第6実施形態について図12を参照して説明する。なお、同図は請求項7に係る発明を適用した製造工程を説明する説明図である。

【0097】同図(a)に示すように、振動板基板となるシリコン基板100は、SOI構造を持つウェハを利用する。振動板を彫り込むためのシリコン面101はP型の極性を持ちその結晶面方位が<110>であり、振動板となるシリコン面102は、板厚が振動板の厚さ(ここでは約2μm)に仕上げており、その結晶面方位は<100>である。極性はP型及びN型のいずれでもよいが、P型の方がコスト的には安くなる。また、シリコン面101とシリコン面102との中間に挟まれる絶縁層はシリコン酸化膜103であり、その厚さは約150〜200μmのSOI基板を使用した。このシリコン基板100の両面は鏡面に研磨している。このシリコン基板100を出発材料として使用する。

【0098】まず、シリコン基板30にバッファ酸化膜となるシリコン酸化膜を薄く形成する(図示せず)。そして、同図(b)に示すように、このシリコン基板100上にCVD法を用いて、シリコン窒化膜110を堆積させる。そして、シリコン基板100の接合面側にフォトレジスト105を塗布し、振動板の形状をなす振動板パターン部分109を残したパターニングをする。

【0099】続いて、同図(c)に示すように、フォトレジスト105の振動板パターン部分109をマスクとして、シリコン窒化膜110及びシリコン面102をエッチングして振動板の形状に造り込む。その後、同図(d)に示すようにフォトレジスト105を剥離した後、パイロ酸化等の方法でシリコン基板100を熱酸化する。これによって、シリコン窒化膜110で覆われた領域には酸化膜が成長せず、選択的にシリコン酸化膜104が形成される。このときシリコン酸化膜104の厚さは、静電型アクチュエータのギャップに等しい分の厚さとする。ここでは、約400μmの厚さに形成した。

【0100】次に、同図(e)に示すように、このシリコン基板100のシリコン面101への凹部形成のためのエッチング面にフォトレジスト105を塗布した後、両面露光機を用いて、振動板を形成するためのエッチング開口106となるパターンを形成し、同図(f)に示すように、シリコン酸化膜104をエッチングしてエッチング開口108を形成し、フォトレジスト105を除去して、シリコン窒化膜110を除去して振動板基板を得る。

【0101】このフォトレジストの剥離には、フォトレジストメーカーが指定する剥離液を使ったプロセスとする事が望ましい。酸素プラズマを使ったフォトレジストのアッシング装置を使用しても良いが、その場合はシリコン酸化膜にダメージ(表面荒れや、レジスト灰の残など)が出ないようにしておく必要がある。

【0102】その後、同図(g)に示すように、前述した第1実施形態と同様にして、振動板基板となるシリコン基板100のシリコン面101を電極基板41と直接接合させる。次の工程として、シリコン基板100側のエッチング用の開口108部分を残して表面についているシリコン酸化膜104をマスクとして、高濃度のアルカリ金属の水酸化物溶液中にシリコン基板を浸し、シリコン面を選択的にエッチングして、液室となる凹部53を形成する。このときシリコン基板100のエッチングは、この時SOI基板の層間絶縁膜であるシリコン酸化膜103の領域までくると、自発的にエッチングがストップするため、極薄いシリコン面102からなる振動板54を精度良く作り出すことができる。

【0103】このように、振動板基板にSOI構造を持つ半導体基板を用いて、この半導体基板の電極基板との接合面上の振動板となる領域をマスクした後、熱酸化によって酸化することで、振動板となる領域以外を選択的に酸化し、アクチュエータの必要ギャップとなる厚さにまで酸化膜を形成した後、マスクを除去し、電極基板と接合することによって、振動板基板と電極基板とを接着剤を用いないで直接接合し、且つギャップを形成するためのシリコン酸化膜を振動板基板側に設けた静電型アクチュエータを製造することができる。

【0104】次に、本発明に係る静電型アクチュエータの製造方法の第7実施形態について図11を参照して説明する。同図(a)は第1実施形態における振動板基板の他の実施形態を、同図(b)は第2実施形態における振動板基板の他の実施形態を示す説明図である。この実施形態においては、振動板基板31又は61の電極面側に絶縁膜を残すことで電極とのリークや貼り付きを防止するものである。絶縁膜は、熱酸化等の方法でシリコン酸化膜を形成してもよいし、すでにあるシリコン酸化膜34、64を極薄く残して絶縁膜111としてもよい。これにより、電極基板の製造方法の自由度が高くなる。

【0105】次に、本発明に係る静電型アクチュエータの製造方法の第8実施形態について図12を参照して説明する。図12は請求項10に係る発明を適用した電極基板の製造工程を説明する説明図である。まず、同図(a)に示す電極基板となるシリコン基板121は、P型の極性を持ちその結晶面方位が<110>の基板であり、振動板基板との接合面側を鏡面に仕上げています。

【0106】そこで、同図(b)に示すように、このシリコン基板121の表面にバッファ酸化膜となるシリコン酸化膜124を熱酸化法によって形成する。このとき



21

のシリコン酸化膜124の膜厚は、ウェットエッチングに耐え得る程度の膜厚が必要である。ここでは約1 $\mu$ mの厚さに形成した。

【0107】続いて、このシリコン基板121の接合面（鏡面側）にフォトレジスト125を塗布した後、電極を形成する領域のみ開口126が形成されるようにパターンニングした後、フォトレジスト125をマスクとして、シリコン酸化膜124をエッチングして開口126を形成する。

【0108】そして、同図(c)に示すように、フォトレジスト125を除去し、高濃度のアルカリ金属の水酸化物溶液中にシリコン基板121を浸し、シリコン面を選択的にエッチングする。このときのエッチング量は、電極材料が埋め込まれる程度の深さまでエッチングする。ここでは、約300nmの深さにまでエッチングした。次に、電極材料とシリコン基板121との絶縁膜となるシリコン酸化膜127を形成する。このときの絶縁膜となるシリコン酸化膜127の厚さは約100 $\mu$ mの厚さとした。

【0109】次に、同図(d)に示すように、電極となる不純物の導入されたポリシリコン128をCVD等の方法で堆積する。このとき、電極材料は窒化チタンなど高融点金属系の材料でも構わない。また、電極材料の厚さは約100 $\mu$ mとした。続いて、キャップとなるシリコン酸化膜129をCVD等の方法で堆積し、電極の絶縁性を確保する。

【0110】そして、フォトレジストを塗布し、これを電極の形状に露光・現像して電極形状のパターン130を形成した後、同図(e)に示すように、このフォトレジストのパターンをマスクとして、シリコン酸化膜129、電極材料であるポリシリコン128、シリコン酸化膜127とエッチングし、同図(f)に示すように、フォトレジストパターン130を除去してポリシリコンからなる個別電極51を形成した電極基板を得る。

【0111】ここでは、フォトレジストによって電極形状を得たが、図15に示すように、キャップとなるシリコン酸化膜129を堆積した後、同図(e)に示すようにCMP (Chemical Mechanical Polishing) 等の方法で、シリコン基板121表面まで研磨しても良い。このとき、シリコン基板面（接合界面）は面一に仕上げられ、面精度、粗さともに均一化される利点がある。

【0112】その後、前記のような方法で振動板基板と直接接合させることで、静電型アクチュエータを得ることができる。

【0113】このように、電極基板はシリコン基板上に不純物の注入されたポリシリコン膜を堆積した後、絶縁膜となるシリコン酸化膜を形成し、電極パターンを覆う形状の保護膜を形成し、この保護膜をマスクとしてエッチングを行って接合面となるシリコン基板を露出させた後、振動板基板と接合するので、埋め込み型の電極構造

22

を得ることができ、電極へのコンタクトが振動板基板側からでも、電極基板側からでも取ることができ、アクチュエータの機能デバイスへの搭載に自由度が増す。

【0114】次に、本発明に係る静電型アクチュエータの製造方法の第9実施形態について図16及び図17を参照して説明する。図16は請求項12に係る発明を適用した請求項11の静電型アクチュエータの製造工程を説明する説明図、図17は振動板基板と電極基板との接合工程を説明する説明図である。

【0115】ここでの静電型アクチュエータは、上述した静電型アクチュエータと個別電極の取り方に違いがあり、上述した静電型アクチュエータは、振動板基板と電極基板が別個に存在し、それぞれの機能を分けていたが、請求項11の静電型アクチュエータでは従前電極を形成していた電極基板が共通電極（グランド・レベル）となり、振動板に個別に電圧が印加できるような構成にしている。

【0116】そこで、図16(a)に示すように、振動板基板となるシリコン基板140は、SOI構造を持つウェハを利用する。振動板を彫り込むためのシリコン面141はP型の極性を持ちその結晶面方位が<110>であり、振動板となるシリコン面142は、板厚が振動板の厚さ（ここでは約2 $\mu$ m）に仕上げられており、結晶面方位は<110>であり、極性はP型である。また、中間に挟まれる絶縁層143は、シリコン酸化膜であり、その厚さは約150～200 $\mu$ mのSOI基板を使用した。両面が鏡面に研磨されている。このシリコン基板を出発材料として使用する。

【0117】まず、同図(b)に示すように、このシリコン基板140をパイロ酸化（ウェット酸化）法や、ドライ酸化等の熱酸化法によって酸化し、シリコン基板140の表面にシリコン酸化膜144を形成する。このときのシリコン酸化膜144の厚さは、静電型アクチュエータのギャップに等しい分の厚さとする。ここでは、約400 $\mu$ mの厚さに形成した。

【0118】次に、同図(c)に示すように、このシリコン基板140の両面にフォトレジスト145を塗布した後、同図(d)に示すように両面露光機を用いて、電極基板との接合面側のギャップ部分となるパターン127と、振動板を形成するためのエッチング開口部分となるパターン126を形成する。ここで、両面露光機を利用するのは、ギャップ層となるパターンと、エッチング開口部分の位置合わせ精度を確保するためである。

【0119】次に、フォトレジスト145をマスクとして、5%程度の濃度の弗化水素溶液を用いて、シリコン酸化膜144をエッチングする。この後、同図(e)に示すように、フォトレジスト145の膜をマスクとして、振動板となるシリコン基板面に注入後にN型となるイオン149を注入し、フォトレジスト145を除去して振動板基板を得る。

【0120】このフォトリソの剥離には、フォトリソメーカーが指定する剥離液を使ったプロセスとすることが好ましい。酸素プラズマを使ったフォトリソのアッシング装置を使用しても良いが、その場合はシリコン酸化膜にダメージ（表面荒れや、レジスト灰の残など）が出ないようにしておく必要がある。

【0121】その後、図17(a)に示すように、この振動板基板となるシリコン基板140を保護膜152を設けた電極基板151と直接接合させる。このとき熱でシリコン基板140に注入したイオン149が活性化され、個別電極150として機能する。

【0122】そして、同図(b)に示すように、シリコン基板140側のエッチング開口148部分を残して表面についているシリコン酸化膜144をマスクとして、高濃度のアルカリ金属の水酸化物溶液中にシリコン基板を浸し、シリコン面を選択的にエッチングして、液室となる凹部153を形成し、その後、同図(c)に示すように酸化膜除去工程を経て凹部153の底部にあるシリコン酸化膜143等を除去して、振動板154を形成する。

【0123】このときシリコン基板140のエッチングは、シリコン酸化膜143の絶縁層までエッチングされると、自発的にエッチングがストップするため、極薄い振動板154を精度良く作り出すことができる。なお、振動板154上のシリコン酸化膜143は上述したように後の酸化膜除去工程で除去されるので、振動特性に影響は出ない。

【0124】このように、振動板を形成する半導体基板がSOI構造を持っており、接合面となる第1の導電型をもつシリコン面上に、熱酸化法によってアクチュエータの必要ギャップとなる厚さのシリコン酸化膜を形成した後、接合面側のシリコン酸化膜を所望の形状にレジストでパターニングし、このパターン膜をマスクとして第2の導電型となるイオン注入を行って、振動板個々に個別電極を形成した後、低抵抗のシリコン基板との接合時の直接接合の熱で注入したイオンを活性化させることにより、振動板基板と電極基板とを接着剤を用いずに直接接合し、且つギャップを形成するためのシリコン酸化膜を振動板基板側に設けた静電型アクチュエータを製造することができる。

【0125】次に、本発明に係る静電型アクチュエータの製造方法の第10実施形態について図18及び図19を参照して説明する。図18は請求項13に係る発明を適用して振動板基板を製造する工程を説明する説明図、図19は振動板基板と電極基板とを接合して静電型アクチュエータを製作する工程を説明する説明図である。

【0126】まず、図18(a)に示すように、振動板基板となるシリコン基板141は、その結晶面方位が<110>であり、両面を鏡面に研磨している。このシリコン基板161を出発材料として使用する。

【0127】そして、このシリコン基板161にCVD法を用いてシリコン窒化膜162を堆積させる。このときのシリコン窒化膜162の膜厚は振動板の厚さとする。次に、同図(b)に示すように、シリコン基板161の全面にシリコン酸化膜164を形成する。このとき、シリコン窒化膜162上には熱酸化膜が殆ど成長しないので、CVD法等の方法でシリコン酸化膜164を形成する。このときのシリコン酸化膜144の厚さは、静電型アクチュエータのギャップに等しい分の厚さとする。ここでは、約400 $\mu$ mの厚さに形成した。

【0128】次に、同図(c)に示すように、このシリコン基板161の両面にフォトリソ165を塗布した後、同図(d)に示すように、両面露光機を用いて、接合面側のギャップ部分となるパターン167と、振動板を形成するためのエッチング開口部分となるパターン166を形成する。ここで、両面露光機を利用するのは、ギャップ層となるパターンと、エッチング開口部分の位置合わせ精度を確保するためである。

【0129】そして、フォトリソ165をマスクとして、5%程度の濃度の弗化水素溶液を用いて、シリコン酸化膜164をエッチングして開口168、169を形成する。この後、同図(e)に示すように、窒化チタン等の高融点金属系の薄膜170をスパッタ等の方法で堆積する。このときの薄膜形成方法は、スパッタ等のステップカバレッジの良くない方法が好ましい。

【0130】次に、同図(g)に示すようにフォトリソ165を除去して振動板基板を得る。このとき、フォトリソ165の剥離と同時にフォトリソ膜上部に残る電極用薄膜170も剥離（リフトオフ法）させる。この方法を使うことによって、振動板裏面に個別電極を形成することができる。

【0131】その後、図19(a)に示すように、前記のような方法で振動板基板となるシリコン基板161と保護膜172を設けた電極基板171と直接接合させる。次の工程として、同図(b)に示すようにシリコン基板161側のエッチング用の開口168を残して表面についているシリコン酸化膜164をマスクとして、高濃度のアルカリ金属の水酸化物溶液中にシリコン基板を浸し、シリコン面を選択的にエッチングして液室となる凹部173を形成する。

【0132】このときシリコン基板のエッチングは、シリコン基板反対側のシリコン窒化膜162までエッチングされると、自発的にエッチングがストップするため、極薄いシリコン窒化膜による振動板174を精度良く作り出すことができる。その後、同図(c)に示すようにシリコン酸化膜164等を除去して静電型アクチュエータを得る。

【0133】このように、振動板を形成する半導体基板がシリコンウェハであり、接合面となるシリコン面上に振動板の厚さとなるシリコン窒化膜を形成した後、この



窒化膜上にシリコン酸化膜をアクチュエータの必要ギャップとなる厚さにまで堆積形成し、このシリコン酸化膜を所望の形状にレジストでパターンニングした後、このレジストの付いた振動板基板に導電性の膜を堆積し、レジスト膜ごと振動板以外の部分の導電性の膜を除去することで、振動板個々に個別電極を形成した後、低抵抗のシリコン基板と直接接合することにより、振動板基板と電極基板とを接着剤を用いないで直接接合し、且つギャップを形成するためのシリコン酸化膜を振動板基板側に設けた静電型アクチュエータを製造することができる。

【0134】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1の静電型アクチュエータによれば、振動板を形成した振動板基板と、個別電極を形成した電極基板とを絶縁膜となるシリコン酸化膜によってギャップを形成して接合し、前記電極と振動板との間に電圧を印加することで振動板が変形する静電型アクチュエータにおいて、振動板基板と電極基板とを接着剤を用いないで直接接合し、且つギャップを形成するためのシリコン酸化膜を振動板基板側に設けた構成としたので、半導体プロセスを用いてアクチュエータを製造する場合に、振動板基板と電極基板との接合面のあれを発生させることなく直接接合でき、低コストで高密度の静電型アクチュエータを得ることができる。

【0135】請求項2の静電型アクチュエータの製造方法によれば、上記請求項1の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、振動板基板に半導体基板の電極基板の接合面側に高濃度の不純物が注入されたシリコンウェハを用いて、このシリコンウェハに熱酸化によってギャップとなる厚さのシリコン酸化膜を形成した後、接合面側のシリコン酸化膜を所望の形状にパターンニングして電極基板と接合する構成としたので、半導体製造プロセスを用いることによる接合面のあれを発生させることなく、直接接合による静電型アクチュエータを得ることができ、ギャップ精度が向上して、更により高密度のデバイスを得ることができる。

【0136】請求項3の静電型アクチュエータの製造方法によれば、上記請求項1の静電型アクチュエータをする静電型アクチュエータの製造方法において、振動板基板にSOI構造を持つ半導体基板を用いて、この半導体基板の電極基板との接合面側に、熱酸化法によってアクチュエータの必要ギャップとなる厚さのシリコン酸化膜を形成した後、接合面側のシリコン酸化膜を所望の形状にパターンニングし、電極基板と接合する構成としたので、半導体製造プロセスを用いることによる接合面のあれを発生させることなく、直接接合による静電型アクチュエータを得ることができ、ギャップ精度が向上して、更により高密度のデバイスを得ることができる。

【0137】請求項4の静電型アクチュエータの製造方法によれば、上記請求項1の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、振動

板基板にシリコン基板を用いて、このシリコン基板の電極基板との接合面上に、振動板の厚さとなるシリコン窒化膜を全面に形成した後、この窒化膜上にシリコン酸化膜をアクチュエータの必要ギャップとなる厚さにまで成膜した後、接合面側のシリコン酸化膜を所望の形状にパターンニングし、電極基板と接合する構成としたので、半導体製造プロセスを用いることによる接合面のあれを発生させることなく、直接接合による静電型アクチュエータを得ることができ、ギャップ精度が向上して、更により高密度のデバイスを得ることができる。

【0138】請求項5の静電型アクチュエータの製造方法によれば、上記請求項1の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、振動板基板にシリコンウェハを用いて、このシリコンウェハの電極基板との接合面上に振動板の厚さとなるシリコン窒化膜を形成した後、振動板を形成する領域にのみシリコン窒化膜を残してパターンニングした後、この窒化膜をマスクとして熱酸化を行い、選択的にシリコン基板を酸化し、アクチュエータの必要ギャップとなる厚さにまで酸化膜を成長させた後、電極基板と接合する構成としたので、半導体製造プロセスを用いることによる接合面のあれを発生させることなく、直接接合による静電型アクチュエータを得ることができ、ギャップ精度が向上して、更により高密度のデバイスを得ることができる。

【0139】請求項6の静電型アクチュエータの製造方法によれば、上記請求項1の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、振動板に半導体基板の電極基板との接合面側に高濃度の不純物が注入されたシリコンウェハを用いて、このシリコンウェハの接合面側の振動板となる領域をマスクした後、熱酸化によって酸化することで、振動板となる領域以外を選択的に酸化し、アクチュエータの必要ギャップとなる厚さに形成した後、マスクを除去し、電極基板と接合する構成としたので、半導体製造プロセスを用いることによる接合面のあれを発生させることなく、直接接合による静電型アクチュエータを得ることができ、ギャップ精度が向上して、更により高密度のデバイスを得ることができる。

【0140】請求項7の静電型アクチュエータの製造方法によれば、上記請求項1の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、振動板基板にSOI構造を持つ半導体基板を用いて、この半導体基板の電極基板との接合面上の振動板となる領域をマスクした後、熱酸化によって酸化することで、振動板となる領域以外を選択的に酸化し、アクチュエータの必要ギャップとなる厚さにまで酸化膜を形成した後、マスクを除去し、電極基板と接合する構成としたので、半導体製造プロセスを用いることによる接合面のあれを発生させることなく、直接接合による静電型アクチュエータを得ることができ、ギャップ精度が向上して、更により

高密度のデバイスを得ることができる。

【0141】請求項8の静電型アクチュエータの製造方法によれば、上記請求項2又は3の静電型アクチュエータの製造方法において、酸化膜のパターニング中に振動板基板の接合面側にシリコン酸化膜の薄膜を残し、又はパターニング終了後再度熱酸化を行って振動板裏側に酸化膜を形成した構成としたので、半導体製造プロセスを用いることによる接合面のあれを発生させることなく、直接接合による静電型アクチュエータを得ることができ、ギャップ精度が向上して、更により高密度のデバイスを得ることができる。

【0142】請求項9の静電型アクチュエータの製造方法によれば、上記請求項1の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、電極基板はシリコン基板上に電極に対応するレジストパターンを形成し、このレジストパターンをマスクとして、イオン注入を行った後熱処理を行って活性層を形成する工程を有し、振動板基板と接合する前に接合面の酸化膜を完全に除去した後振動板基板と接合する構成としたので、半導体製造プロセスを用いることによる接合面のあれを発生させることなく、直接接合による静電型アクチュエータを得ることができ、ギャップ精度が向上して、更により高密度のデバイスを得ることができる。

【0143】請求項10の静電型アクチュエータの製造方法によれば、上記請求項1の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、電極基板はシリコン基板上に不純物の注入されたポリシリコン膜又は金属系導電膜を堆積した後、絶縁膜となるシリコン酸化膜を形成し、電極パターンを覆う形状の保護膜を形成し、この保護膜をマスクとしてエッチングを行って接合面となるシリコン基板を露出させた後、振動板基板と接合する構成としたので、電極へのコンタクトがいずれの基板側からでも取ることができ、アクチュエータの機能デバイスの搭載の自由度が高くなる。

【0144】請求項11の静電型アクチュエータによれば、振動板及び個別電極を形成した振動板基板と、共通電極を形成した電極基板とを絶縁膜となるシリコン酸化膜によってギャップを形成して接合し、個別電極と共通電極との間に電圧を印加することで振動板が変形する静電型アクチュエータであって、振動板基板は低抵抗のシリコン基板であり、振動板基板と電極基板は接着剤を用いないで直接接合し、かつギャップを形成するためのシリコン酸化膜を振動板基板側に設けた構成としたので、半導体プロセスを用いてアクチュエータを製造する場合に、振動板基板と電極基板との接合面のあれを発生させることなく直接接合でき、低コストで高密度の静電型アクチュエータを得ることができる。

【0145】請求項12の静電型アクチュエータの製造方法によれば、上記請求項11の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、

振動板を形成する半導体基板がSOI構造を持っており、接合面となる第1の導電型をもつシリコン面上に、熱酸化法によってアクチュエータの必要ギャップとなる厚さのシリコン酸化膜を形成した後、接合面側のシリコン酸化膜を所望の形状にレジストでパターニングし、このパターン膜をマスクとして第2の導電型となるイオン注入を行って、振動板個々に個別電極を形成した後、シリコン基板との接合時の直接接合の熱で注入したイオンを活性化させる構成としたので、電極へのコンタクトがいずれの基板側からでも取ることができ、アクチュエータの機能デバイスの搭載の自由度が高くなる。

【0146】請求項13の静電型アクチュエータの製造方法によれば、上記請求項11の静電型アクチュエータを製造する静電型アクチュエータの製造方法において、振動板を形成する半導体基板がシリコンウェハであり、接合面となるシリコン面上に振動板の厚さとなるシリコン窒化膜を形成した後、この窒化膜上にシリコン酸化膜をアクチュエータの必要ギャップとなる厚さにまで堆積形成し、このシリコン酸化膜を所望の形状にレジストでパターニングした後、このレジストの付いた振動板基板に導電性の膜を堆積し、レジスト膜ごと振動板以外の部分の導電性の膜を除去することで、振動板個々に個別電極を形成した後、シリコン基板と直接接合する構成としたので、電極へのコンタクトがいずれの基板側からでも取ることができ、アクチュエータの機能デバイスの搭載の自由度が高くなる。

【0147】請求項14のインクジェットヘッドによれば、インク滴を吐出するノズルと、ノズルが連通する吐出室と、この吐出室の壁面を形成する振動板及びこの振動板に所定のギャップをおいて対向配置した電極からなるアクチュエータとを備え、振動板と電極との間に電圧を印加することでノズルからインク滴を吐出させる静電型インクジェットヘッドにおいて、アクチュエータが請求項1又は11の静電型アクチュエータからなる構成としたので、低コストで高密度のインクジェットヘッドを得ることができる。

【0148】請求項15のインクジェットヘッドによれば、インク滴を吐出するノズルと、ノズルが連通する吐出室と、この吐出室の壁面を形成する振動板及びこの振動板に所定のギャップをおいて対向配置した電極からなるアクチュエータとを備え、振動板と電極との間に電圧を印加することでノズルからインク滴を吐出させる静電型インクジェットヘッドにおいて、アクチュエータが請求項2乃至10及び12乃至14のいずれかの製造方法で製造した静電型アクチュエータからなる構成としたので、低コストで高密度のインクジェットヘッドを得ることができる。。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る静電型アクチュエータを備えたインクジェットヘッドの第1実施形態を示す模式的断面図

【図2】本発明に係る静電型アクチュエータを備えたインクジェットヘッドの第2実施形態を示す模式的断面図

【図3】請求項2に係る発明を適用した振動板基板の製造工程を説明する説明図

【図4】請求項9に係る発明を適用した電極基板の製造工程を説明する説明図

【図5】図3の振動板基板と図4の電極基板とを接合して静電型アクチュエータを製作する工程を説明する説明図

【図6】請求項3に係る発明を適用した振動板基板の製造工程を説明する説明図

【図7】図6の振動板基板と図4の電極基板とを接合して静電型アクチュエータを製作する工程を説明する説明図

【図8】請求項4に係る発明を適用した振動板基板の製造工程を説明する説明図

【図9】図8の振動板基板と図4の電極基板とを接合して静電型アクチュエータを製作する工程を説明する説明図

【図10】請求項5に係る発明を適用した製造工程を説明する説明図

【図11】請求項6に係る発明を適用した製造工程を説明する説明図

【図12】請求項7に係る発明を適用した製造工程を説明する説明図

【図13】(a)は第1実施形態における振動板基板の他の実施形態を、(b)は第2実施形態における振動板基板の他の実施形態を示す説明図

【図14】請求項10に係る発明を適用した製造工程を説明する説明図

【図15】請求項10に係る発明を適用した他の製造工程を説明する説明図

【図16】請求項12に係る発明を適用した請求項11の静電型アクチュエータの製造工程を説明する説明図

【図17】振動板基板と電極基板との接合工程を説明する説明図

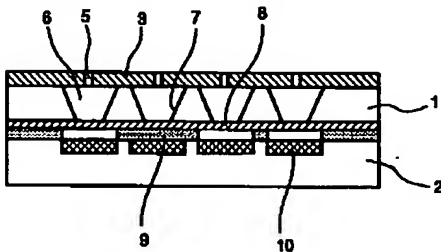
【図18】請求項13に係る発明を適用した請求項11の静電型アクチュエータの製造工程を説明する説明図

【図19】振動板基板と電極基板との接合工程を説明する説明図

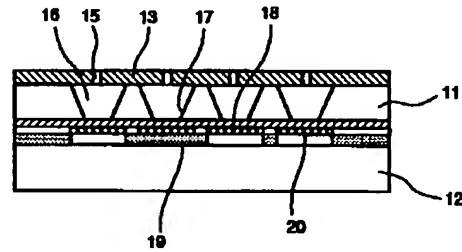
【符号の説明】

1、11…振動板基板、2、12…電極基板、3、13…ノズルプレート、5、15…ノズル、6、16…液室、7、17…凹部、8、18…振動板、9、19…シリコン酸化膜、10、20…個別電極。

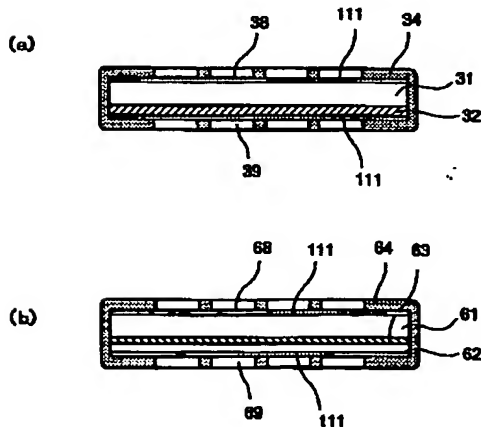
【図1】



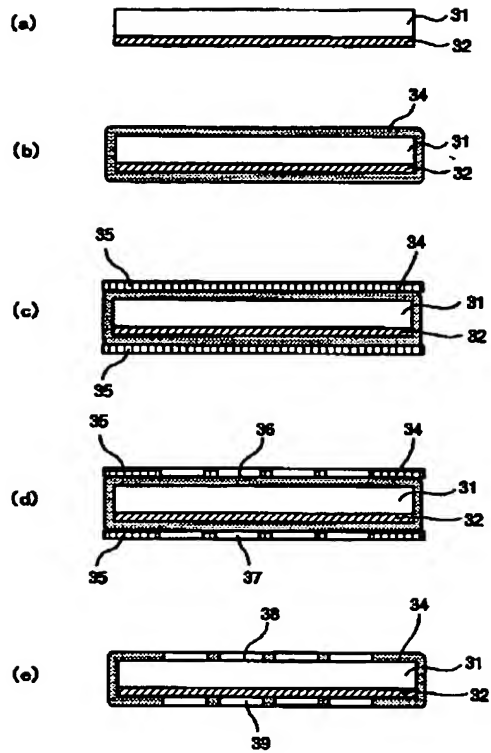
【図2】



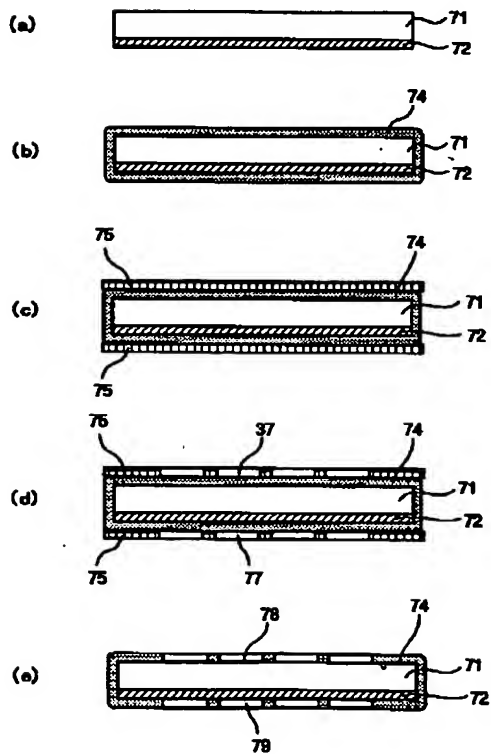
【図13】



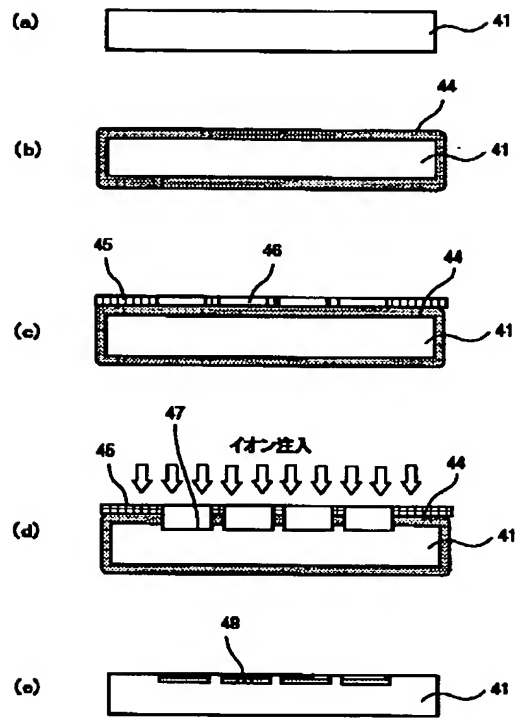
【図3】



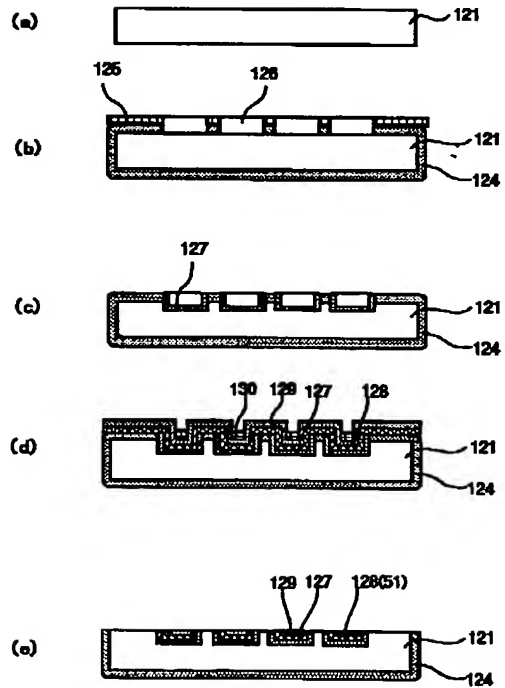
【図8】



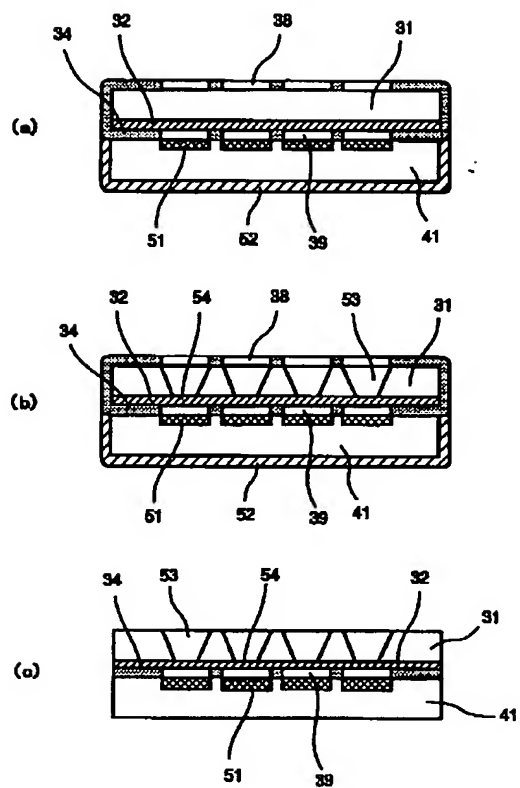
【図4】



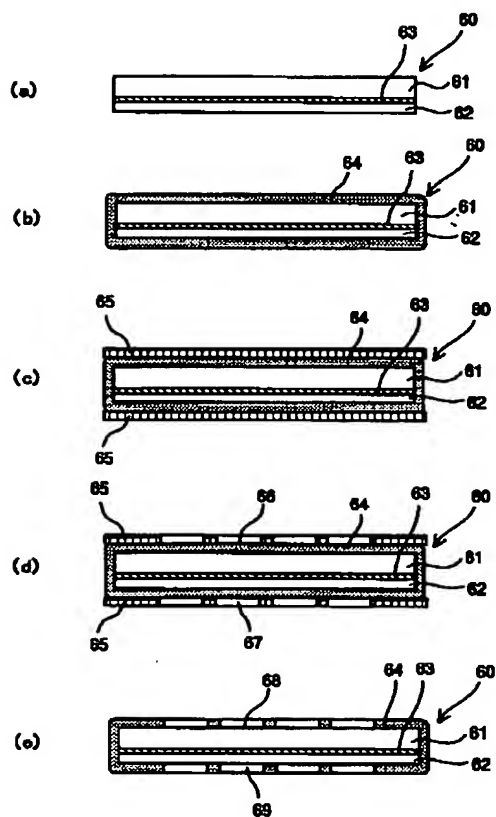
【図15】



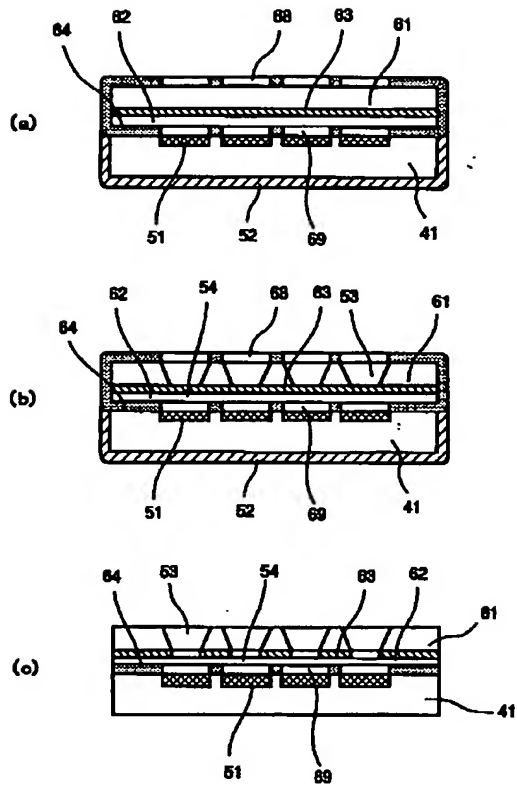
【図5】



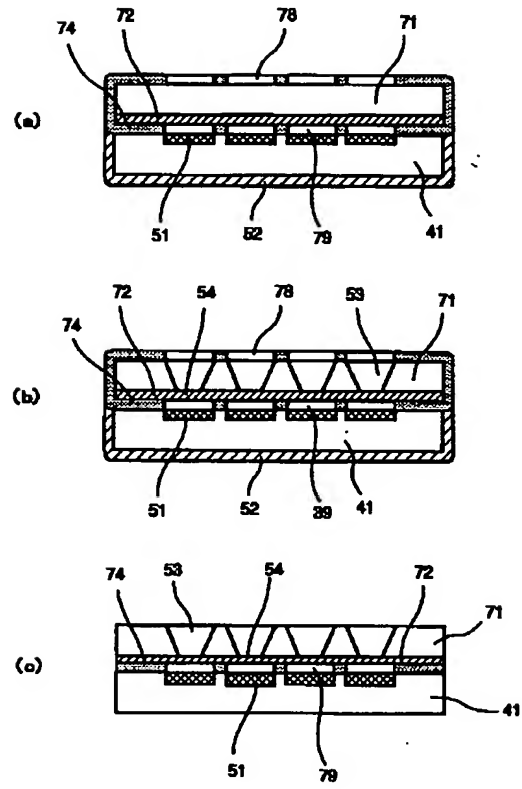
【図6】



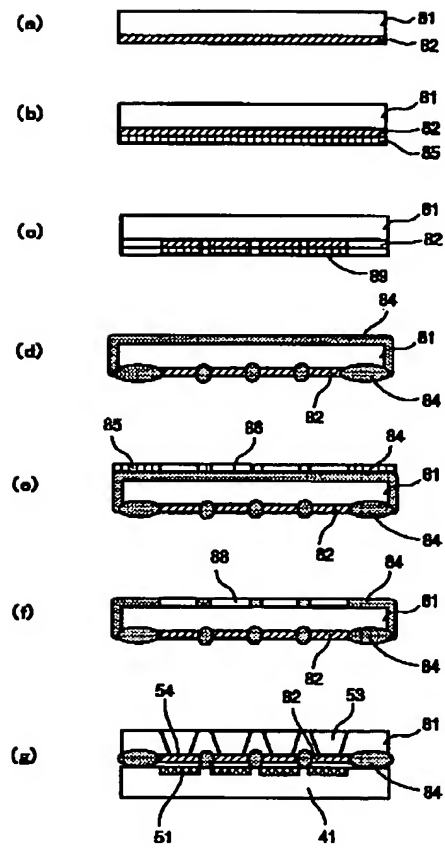
【図7】



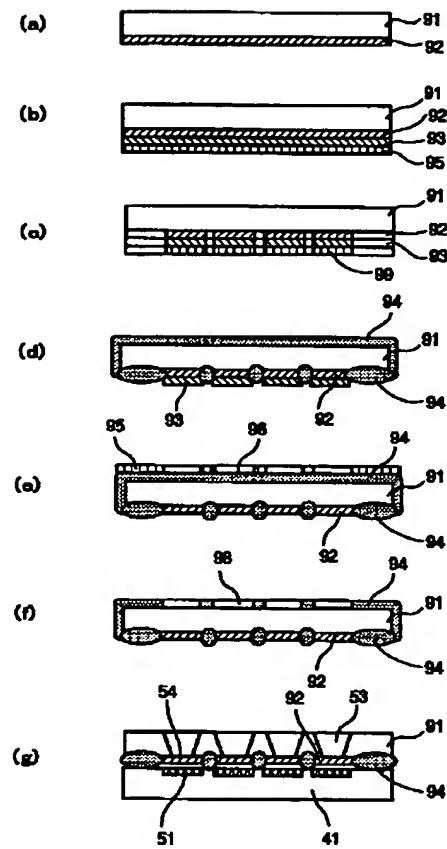
【図9】



【図10】



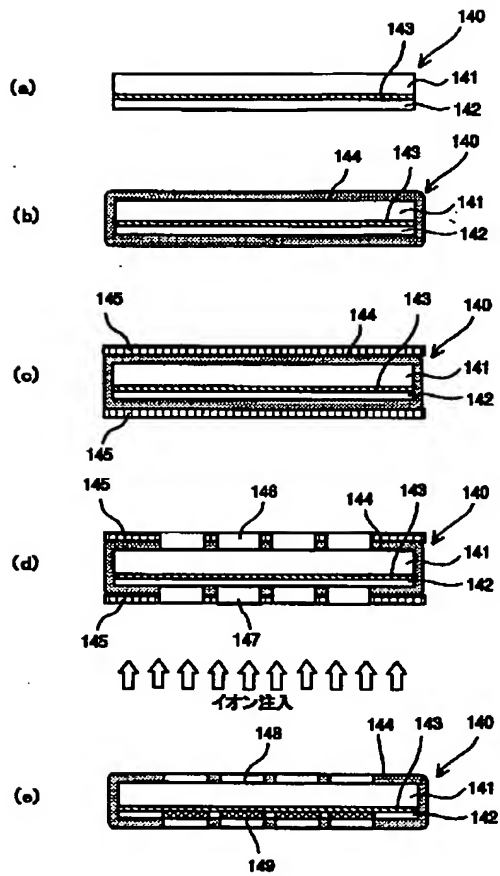
【図11】



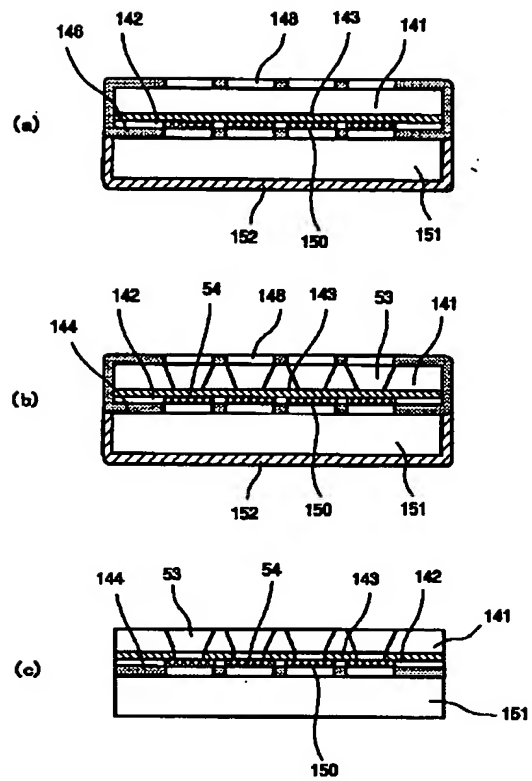




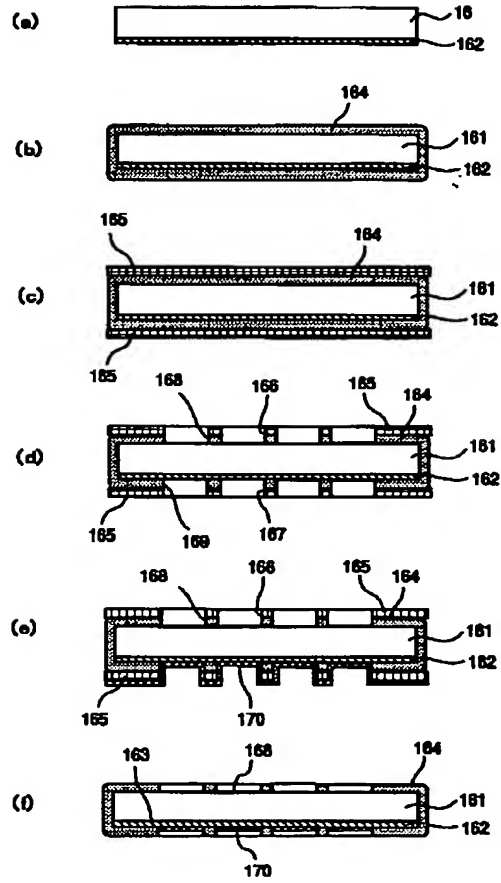
【図16】



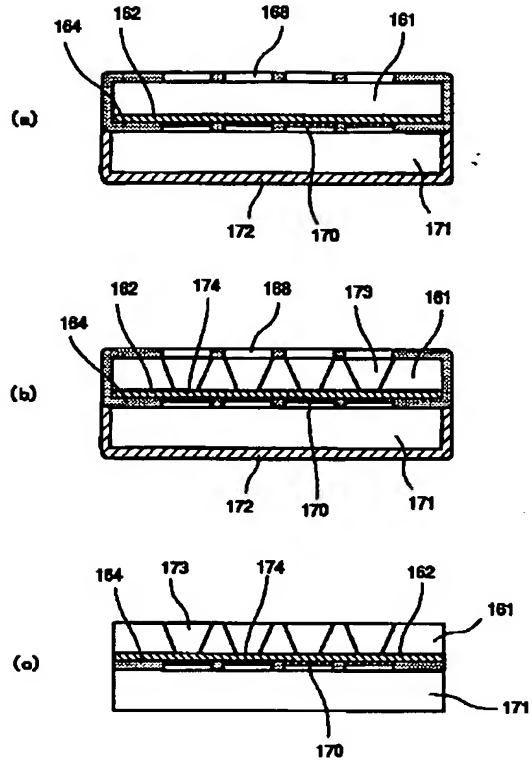
【図17】



【図18】



【図19】



**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to an ink jet head at an electrostatic type actuator and its manufacture approach list.

[0002]

[Description of the Prior Art] The ink jet head used in the ink jet recording apparatus used as image recording equipments, such as a printer, facsimile, and a reproducing unit The regurgitation room which the nozzle hole which carries out the regurgitation of the ink droplet, and this nozzle hole open for free passage (it is called a liquid room, a pressure room, a pressurization liquid room, ink passage, etc.) It has an energy generation means (actuator) to generate the energy which pressurizes the ink of this regurgitation interior of a room. Pressurize regurgitation indoor ink by driving an actuator, an ink droplet is made to breathe out from a nozzle hole, and the thing of the ink on demand which is the need for record and which, by the way, carries out the regurgitation of the chisel ink droplet is in use. And it is divided roughly into some methods by the control approach for controlling the generating approach of an ink droplet (record liquid), and the flight direction.

[0003] As an ink jet head using an electrostatic type actuator, here as indicated by JP,4-52214,A, JP,3-293141,A, etc. The 2nd substrate (electrode substrate) which formed the diaphragm which forms one wall surface of a liquid room and this liquid room by etching in the 1st substrate (diaphragm substrate) which consists of a silicon substrate, and formed the electrode in this 1st substrate bottom is arranged. By constituting an electrostatic type actuator from putting a predetermined gap on a diaphragm and making an electrode counter it, and impressing an electrical potential difference to the diaphragm of this actuator, and inter-electrode The thing which makes an ink droplet breathe out from the nozzle which a diaphragm is sagged, and the content volume of a liquid room is changed, and is open for free passage in a liquid room with electrostatic force is known.

[0004] In the ink jet head using such an electrostatic type actuator, the gap precision for using electrostatic force is important. When manufacturing the ink jet head for obtaining a high definition image especially, the dot of high density must be realized and the pitch which can be used as a diaphragm also becomes small. And if the magnitude of a diaphragm becomes small, in order the big force for making a diaphragm transform will be needed and to generate the big force with an electrostatic type actuator, driver voltage given between a diaphragm and an electrode is enlarged, and electric field are strengthened, or a gap is made small, and an approach only has strengthening electric field.

[0005] In this case, since problems -- power consumption increases -- increase while a drive circuit becomes expensive, and enlarging driver voltage cannot use a general-purpose article depending on the case but it will cause much more cost quantity, a gap is controlled with a sufficient precision, without enlarging applied voltage (driver voltage), and to drive an actuator about a smaller gap is desired.

[0006] In order for a place to manufacture the ink jet head of high density which exceeds for example, 150dpi, the gap of a diaphragm and an electrode must be set to 1 micrometer or less. Moreover, when the method which drives a diaphragm in the condition that a non-contacting drive, i.e., a diaphragm and an electrode, does not contact as a drive method of a diaphragm is adopted, it must manufacture so that a diaphragm and an electrode may not contact by deformation of a diaphragm. Thus, in order to form a highly precise gap, it is desirable to use semi-conductor manufacturing technologies, such as LSI.

[0007] In this case, when carrying out gap control, the junction approach of an electrode substrate and a diaphragm substrate becomes important. That is, even if it manufactures an electrode substrate and a diaphragm with a sufficient precision using a semi-conductor manufacturing technology, if gap precision goes wrong in the junction, a high density ink jet head is unutilizable. Then, joining directly using a silicon substrate is known.

[0008] This direct junction joins both substrates by adding lamination and heat treatment for both substrates calmly, after performing hydrophilization processing to a substrate front face. Since this direct junction does not necessarily perform special processing, the front-face nature which that substrate has is very important for it. For example, surface roughness, a surface swell, etc. have big effect on junction nature, and generally, if there is about 15nm or more of surface roughness, it is supposed that junction nature worsens them (for example, application physics the 60th volume the 8th (1991) P.790).

[0009] That is, when performing direct junction of a silicon substrate, don't be the last process which would damage a plane of composition. However, in a semi-conductor manufacture process, since the process which may damage junction front faces, such as the washing according to an ion implantation, the ashing process of a photoresist, and chemicals in process and etching, is repeated, a process design becomes important.

[0010] Therefore, for example, anisotropic etching is performed to a silicon substrate, an electrode slot is formed, and the approach of joining a diaphragm substrate and an electrode substrate by anode plate junction is performed as indicated by JP,5-50601,A and JP,6-71882,A. Under the environment heated at about 300-450 degrees C, anode plate junction impresses the electrical potential difference of hundreds of volts between the substrates which should be joined, and joins.

[0011]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, as mentioned above, in joining a diaphragm and an electrode substrate by anode plate junction, there is a problem of the concern by which a junction will be destroyed if an electrical potential difference is impressed to the semi-conductor substrate with which the junction diffusion layer was formed under an elevated temperature, and one substrate being mostly limited to a glass substrate. If a substrate is limited to glass, formation of a very small gap will become difficult from the problem of process tolerance.

[0012] This invention is made in view of the above-mentioned point, and it is cheap and aims at providing with an ink jet head the electrostatic type actuator in which densification is possible, and its manufacture approach list.

[0013]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, the electrostatic type actuator of claim 1 By the silicon oxide which turns into an insulator layer in the diaphragm substrate in which the diaphragm was formed, and the electrode substrate in which the individual electrode was formed, form a gap and it joins. In the electrostatic type actuator which said diaphragm deforms by impressing an electrical potential difference between said electrodes and diaphragms, it considered as the configuration which prepared the silicon oxide for joining said diaphragm substrate and electrode substrate directly without using adhesives, and forming said gap in said diaphragm substrate side.

[0014] After the manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 2 formed the silicon oxide of the thickness it is thin about said gap with thermal oxidation at this silicon wafer using the silicon wafer with which the high-concentration impurity was injected into said diaphragm substrate at the plane-of-composition side of said electrode substrate of a semi-conductor substrate, it considered as the configuration which carries out patterning to the configuration of a request of the silicon oxide by the side of a plane of composition and which joins to said electrode substrate in the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of above-mentioned claim 1.

[0015] After the manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 3 formed the silicon oxide of the thickness it is thin about the need gap of an actuator by the oxidizing [ thermally ] method at a plane-of-composition side with said electrode substrate of this semi-conductor substrate using the semi-conductor substrate which has SOI structure in said diaphragm substrate, patterning of it carried out to the configuration of a request of the silicon oxide by the side of a plane of composition, and it considered as the configuration which joins to said electrode substrate in the manufacture approach of the electrostatic type actuator which carries out the electrostatic type actuator of above-mentioned claim 1.

[0016] The manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 4 In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of above-mentioned claim 1 A silicon substrate is used for said diaphragm substrate. On a plane of composition with said electrode substrate of this silicon substrate After forming silicon oxide even in the thickness it is thin about the need gap of an actuator on this nitride after forming the silicon nitride used as the thickness of said diaphragm in the whole surface, patterning was carried out to the configuration of a request of the silicon oxide by the side of a plane of composition, and it considered as the configuration joined to said electrode substrate.

[0017] The manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 5 In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of above-mentioned claim 1 After using a silicon wafer for said diaphragm substrate and forming the silicon nitride used as the thickness of said diaphragm on a plane of composition with said electrode substrate of this silicon wafer, After leaving and carrying out patterning of the silicon nitride only to the field which forms said diaphragm, It oxidized thermally by having used this nitride as the mask,

and said silicon substrate was oxidized alternatively, and after growing up an oxide film even into the thickness it is thin about the need gap of an actuator, it considered as the configuration joined to said electrode substrate.

[0018] The manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 6 In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of above-mentioned claim 1 After carrying out the mask of the field used as said diaphragm by the side of the plane of composition of this silicon wafer to said diaphragm using the silicon wafer with which the high-concentration impurity was poured in at the plane-of-composition side with said electrode substrate of a semi-conductor substrate, by oxidizing by thermal oxidation After forming in the thickness which oxidizes alternatively and serves as a need gap of an actuator except the field used as said diaphragm, said mask was removed and it considered as the configuration joined to said electrode substrate.

[0019] The manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 7 In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of above-mentioned claim 1 After carrying out the mask of the field used as said diaphragm on a plane of composition with said electrode substrate of this semi-conductor substrate using the semi-conductor substrate which has SOI structure in said diaphragm substrate, by oxidizing by thermal oxidation It oxidized alternatively except the field used as said diaphragm, and after forming an oxide film even in the thickness it is thin about the need gap of an actuator, said mask was removed and it considered as the configuration joined to said electrode substrate.

[0020] The manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 8 was considered as the configuration which left the thin film of silicon oxide to the plane-of-composition side of said diaphragm substrate during patterning of an oxide film, or oxidized thermally again after patterning termination, and formed the oxide film in the diaphragm background in the manufacture approach of above-mentioned claim 2 or the electrostatic type actuator of 3.

[0021] The manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 9 In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of above-mentioned claim 1 Said electrode substrate forms the resist pattern corresponding to said electrode on a silicon substrate, and uses this resist pattern as a mask. It had the process which performs the postheat treatment which performed the ion implantation and forms a barrier layer, and before joining to said diaphragm substrate, it considered as the configuration which joins the oxide film of a plane of composition to the account diaphragm substrate of back to front removed completely.

[0022] The manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 10 In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of above-mentioned claim 1 After said electrode substrate deposits the polish recon film or metal system electric conduction film with which the impurity was poured in on the silicon substrate, The silicon oxide used as an insulator layer was formed, and the protective coat of a wrap configuration was formed for the electrode pattern, and after exposing the silicon substrate which etches by using this protective coat as a mask, and serves as a plane of composition, it considered as the configuration joined to said diaphragm substrate.

[0023] The diaphragm substrate with which the electrostatic type actuator of claim 11 formed the diaphragm and the individual electrode, By the silicon oxide which turns into an insulator layer in the electrode substrate in which the common electrode was formed, form a gap and it joins. It is the electrostatic type actuator which said diaphragm deforms by impressing an electrical potential difference between said individual electrodes and common electrodes. Said diaphragm substrate is a silicon substrate of low resistance, and said diaphragm substrate and electrode substrate were considered as the configuration which prepared the silicon oxide for joining directly without using adhesives, and forming a gap in said diaphragm substrate side.

[0024] The manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 12 In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of above-mentioned claim 11 On a silicon side with the 1st conductivity type which the semi-conductor substrate which forms said diaphragm has SOI structure, and serves as a plane of composition After forming the silicon oxide of the thickness it is thin about the need gap of an actuator by the oxidizing [ thermally ] method, Patterning of the silicon oxide by the side of a plane of composition is carried out to a desired configuration by the resist. After performing the ion implantation which serves as the 2nd conductivity type by using this pattern film as a mask and forming an individual electrode in diaphragm each, it considered as the configuration which activates the ion poured in with the heat of the direct junction at the time of junction to a silicon substrate.

[0025] The manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 13 In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of above-mentioned claim 11 After forming the silicon nitride used as the thickness of a diaphragm on the silicon side where the semi-conductor substrate which forms said diaphragm is a silicon wafer, and serves as a plane of composition, Deposition formation of the silicon oxide is carried out on this nitride even at the thickness it is thin about the need gap of an actuator. By depositing the conductive

film on the diaphragm substrate to which this resist was attached, and removing the conductive film of parts other than a diaphragm the whole resist film, after carrying out patterning of this silicon oxide to a desired configuration by the resist. After forming an individual electrode in diaphragm each, it is considered as the configuration directly joined to a silicon substrate.

[0026] The nozzle to which the ink jet head of claim 14 carries out the regurgitation of the ink droplet, The diaphragm which forms the wall surface of the regurgitation room which a nozzle opens for free passage, and this regurgitation room, and this diaphragm are equipped with the actuator which consists of an electrode which sets the predetermined gap and carried out opposite arrangement. It is considered as the configuration which said actuator becomes from said claim 1 or the electrostatic type actuator of 11 in the electrostatic type ink jet head which makes an ink droplet breathe out from said nozzle by impressing an electrical potential difference between said diaphragms and electrodes.

[0027] The nozzle to which the ink jet head of claim 15 carries out the regurgitation of the ink droplet, The diaphragm which forms the wall surface of the regurgitation room which a nozzle opens for free passage, and this regurgitation room, and this diaphragm are equipped with the actuator which consists of an electrode which sets the predetermined gap and carried out opposite arrangement. In the electrostatic type ink jet head which makes an ink droplet breathe out from said nozzle, said actuator is considered as the configuration which consists of an electrostatic type actuator manufactured by the manufacture approach of either said claim 2 10 and 12 thru/or 14 by impressing an electrical potential difference between said diaphragms and electrodes.

[0028]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained also with reference to an accompanying drawing. Drawing 1 is the typical sectional view showing the 1st operation gestalt of the ink jet head equipped with the electrostatic type actuator concerning this invention. This ink jet head is equipped with the electrostatic type actuator concerning invention of claim 1.

[0029] This ink jet head is equipped with the diaphragm substrate 1, the electrode substrate 2 formed in this diaphragm substrate 1 bottom, and the nozzle plate 3 prepared in the diaphragm substrate 1 bottom, and forms the regurgitation room (liquid room) 6 which two or more nozzles 5 which carry out the regurgitation of the ink droplet, and each nozzle 5 open for free passage.

[0030] The crevice 7 which forms the liquid room 6, the diaphragm 8 which serves as nothing and a common electrode in the pars basilaris ossis occipitalis of a crevice 7, and the silicon oxide 9 which forms a gap with the electrode of the electrode substrate 2 are formed in the diaphragm substrate 1. In addition, the fluid resistance section which opens for free passage the common ink room and common ink room which supply ink, and the liquid room 6 is formed in the liquid room 6 at the common liquid chamber portion material made to intervene between this diaphragm substrate 1, or this diaphragm substrate 1 and nozzle plate 3.

[0031] The individual electrode 10 which counters through the gap formed by the diaphragm 8 and silicon oxide 9 of the diaphragm substrate 1 is formed in the electrode substrate 2. The actuator for pressurizing the ink in the liquid room 6 and making it breathe out from a nozzle 5 with these diaphragms 8 and individual electrodes 10 is constituted.

[0032] Here, the silicon oxide 9 which joins the diaphragm substrate 1 and the electrode substrate 2 directly without using adhesives, and forms the gap of a diaphragm 8 and the individual electrode 10 is formed in the diaphragm substrate 1 side. Without generating that of the plane of composition of the diaphragm substrate 1 and the electrode substrate 2 by this, when manufacturing an actuator using a semi-conductor process, the actuator section by direct junction can be obtained, gap precision can improve and the ink jet head of high density can be obtained more.

[0033] Next, drawing 2 is the typical sectional view showing the 2nd operation gestalt of the ink jet head equipped with the electrostatic type actuator concerning this invention. This ink jet head is equipped with the electrostatic type actuator concerning claim 11.

[0034] This ink jet head is equipped with the diaphragm substrate 11, the electrode substrate 12 formed in this diaphragm substrate 11 bottom, and the nozzle plate 13 prepared in the diaphragm substrate 11 bottom, and forms the regurgitation room (liquid room) 16 which two or more nozzles 15 which carry out the regurgitation of the ink droplet, and each nozzle 15 open for free passage.

[0035] The crevice 17 which forms the liquid room 16, the diaphragm 18 which makes the pars basilaris ossis occipitalis of a crevice 17, the individual electrode 20 prepared in the diaphragm 18 corresponding to each liquid room 16, and the silicon oxide 19 which forms the gap of a common electrode and the becoming electrode substrate 12 are formed in the diaphragm substrate 11. In addition, the fluid resistance section which opens for free passage the common ink room and common ink room which supply ink, and the liquid room 16 is formed in the liquid room 16 at the common liquid chamber portion material made to intervene between this diaphragm substrate 11, or this diaphragm substrate 11 and nozzle plate 13.



[0036] The individual electrode 20 of the diaphragm substrate 11 and the electrode substrate 12 counter through the gap formed by the silicon oxide 19 of the diaphragm substrate 11, and constitute the actuator for pressurizing the ink in the liquid room 16 and making it breathe out from a nozzle 15 with the diaphragm 18 and the electrode substrate 12 containing these individual electrodes 20.

[0037] Here, the silicon oxide 19 which joins the diaphragm substrate 11 and the electrode substrate 12 directly without using adhesives, and forms the individual electrode 20 of the diaphragm substrate 11 and the gap of the electrode substrate 12 is formed in the diaphragm substrate 11 side. Without generating that of the plane of composition of the diaphragm substrate 11 and the electrode substrate 12 by this, when manufacturing an actuator using a semi-conductor process, the actuator section by direct junction can be obtained, gap precision can improve and the ink jet head of high density can be obtained more.

[0038] Next, the 1st operation gestalt of the manufacture approach of the electrostatic type actuator concerning this invention is explained with reference to drawing 3 thru/or drawing 5. In addition, the explanatory view explaining the production process of the diaphragm substrate which applied invention which drawing 3 requires for claim 2, the explanatory view explaining the production process of the electrode substrate which applied invention which drawing 4 requires for claim 9, and drawing 5 are the explanatory views explaining the process which joins the diaphragm substrate of drawing 3, and the electrode substrate of drawing 4, and manufactures an electrostatic type actuator.

[0039] First, crystal-face bearing with the polarity of P type is the substrate of <110>, and the silicon substrate 31 which turns into a diaphragm substrate as shown in drawing 3 (a) is grinding the both sides to the mirror plane. Such a silicon substrate is used for using the field anisotropy of the wet etching rate of silicon, and acquiring an accurate processing configuration.

[0040] By the solid-state diffusion method etc., high-concentration boron is poured into the near field used as a plane of composition with the electrode substrate of this silicon substrate 31, and the high concentration boron layer 32 is formed in it. The thickness of this high concentration boron layer 32 is diffused so that it may become the thickness of a diaphragm. This silicon substrate is used as a start ingredient.

[0041] and it is shown in this drawing (b) -- as -- this silicon substrate 31 -- PAIRO oxidation (wet oxidation) -- it oxidizes by law and the oxidizing [ thermally ] methods, such as dry oxidation, and silicon oxide 34 is formed in the front face of a silicon substrate 31. Let thickness of the silicon oxide 34 at this time be the thickness of a part equal to the gap of an electrostatic type actuator. It formed in the thickness of about 400 micrometers with this operation gestalt.

[0042] Next, as shown in this drawing (c), after carrying out spreading formation of the photoresist film 35, as shown in this drawing (d), the opening pattern 37 which serves as a gap part of the diaphragm by the side of a plane of composition and an individual electrode at the photoresist film 35, and the pattern 36 used as the etching opening part for forming a diaphragm are formed in both sides of this silicon substrate 31 using a double-sided exposure machine. Here, a double-sided exposure machine is used for securing the alignment precision of the pattern 36 used as the opening pattern 37 used as a gap part, and an etching opening part.

[0043] And silicon oxide 34 is etched by using the photoresist film 35 as a mask using the hydrogen fluoride solution of about 5% of concentration, and as shown in this drawing (e), after forming the etching opening 38 and the gap opening 39 in silicon oxide 4, the photoresist film 35 is removed.

[0044] It is desirable to consider as the process using the exfoliation liquid which the photoresist manufacturer 1 specifies as exfoliation of this photoresist film 35. Although the ashing device of the photoresist using the oxygen plasma may be used, it is necessary to make it damages (a surface dry area, \*\* of resist ashes, etc.) not appear in silicon oxide 34 in that case.

[0045] On the other hand, as shown in drawing 4 (a), the silicon substrate 41 used as an electrode substrate had the polarity of P type, is a substrate the crystal-face bearing of whose is <110>, and has made the mirror plane to the plane-of-composition side with a diaphragm substrate.

[0046] And as shown in this drawing (b), the silicon oxide 44 used as a buffer oxide film is formed in the field of a silicon substrate 41 by the oxidizing [ thermally ] method. The thickness of extent which can be equal to an ion implantation is required for the thickness of the silicon oxide 44 at this time. Here, it formed in about 1-micrometer thickness.

[0047] Then, as shown in this drawing (c), after forming the photoresist film 45 in the plane of composition (mirror plane side) of this silicon substrate 41, patterning is carried out and opening 46 is formed so that the photoresist film 45 may carry out opening only of the field which performs an ion implantation.

[0048] Then, as shown in this drawing (d), silicon oxide 14 is etched by using this photoresist film 45 as a mask. Then, the photoresist film 45 is removed, into the hydroxide solution (for example, 30%-KOH solution heated at 80 degrees C) of a high-concentration alkali metal, a silicon substrate 41 is dipped, a silicon side is etched alternatively, and a crevice 47 is formed. What is necessary is just to etch it by Mr. Fukashi of extent known visually, since the amount of etching at this

time is used for the alignment at the time of junction. Here, it etched even into a depth of about 100 micrometers.

[0049] And the ion implantation for considering as an electrode is performed to the crevice 47 of this silicon substrate 41. Here, since the silicon substrate 41 of P type is used, the impurity ion used as N type, such as phosphorus, is poured in, and an ionized layer 49 is formed in a crevice 47. In addition, the ion implantation was performed on condition that 70keV-3E18cm<sup>3</sup>.

[0050] Then, as shown in this drawing (e), the buffer oxide film 44 formed in silicon substrate 41 front face is completely removed using the hydrogen fluoride solution of about 5% of concentration, and it considers as an electrode substrate.

[0051] Next, direct junction of the silicon substrate 41 used as the silicon substrate 31 used as the diaphragm substrate created as mentioned above and an electrode substrate is performed. First, an above-mentioned silicon substrate 31 and the above-mentioned electrode substrate 41 are washed. Here, washing which used aqueous ammonia + hydrogen-peroxide-solution + water was performed, and the dust on the front face of a wafer was removed. Next, processing which gives a hydrophilic property in order to raise the junction nature in a room temperature is performed. Here, drug solution processing which used sulfuric-acid + hydrogen peroxide solution was performed.

[0052] And the pattern (the pattern for alignment may be made especially) of the silicon oxide 34 for gap formation of a silicon substrate 31 and the ion-implantation field of a silicon substrate 41 are shown and carved using an aligner, alignment is taken using a lump pattern (the pattern for alignment may be made especially), and it sticks calmly.

[0053] Then, after there being no generating of an initial void or inspecting using IR INSUPE cushion equipment etc., it puts into heating furnaces, such as a diffusion furnace, and heats, and as shown in drawing 5 (a), silicon substrate 31 and silicon substrate becoming 41 comrades are joined. At this time, it will be in the condition that the ionized layer 19 injected into the silicon substrate 41 is activated to coincidence, and it can be used for it as an individual electrode 51. In addition, the conditions at this time were performed in 850 degrees C and 2 hours. Moreover, the etching protective coat 52 is formed in the front face of a silicon substrate 41.

[0054] Next, as shown in this drawing (b), a silicon substrate is dipped into the hydroxide solution (for example, 30%-KOH solution heated at 80 degrees C) of a high-concentration alkali metal by using as a mask the silicon oxide 34 which leaves opening 38 part for etching by the side of a silicon substrate 31, and is attached to the front face, and the crevice 53 used as the liquid room which etches a silicon side alternatively and is pressurized by the diaphragm is formed.

[0055] If it comes to the field of the boron layer 32 where etching of a silicon substrate 31 was poured into high concentration at this time, since etching stops spontaneously, the very thin diaphragm 54 can be made with a sufficient precision. Here, the diaphragm 54 with a thickness of about 2 micrometers was formed.

[0056] Then, the protective coat 52 of the silicon substrate 41 used as the silicon oxide 34 of a silicon substrate 31 and the electrode substrate which turn into a diaphragm substrate as shown in this drawing (c) was removed, and the electrostatic type actuator was obtained. In addition, this electrostatic type actuator serves as distance of 500nm (400nm+100nm) of 2 micrometers in thickness of a diaphragm 54, and the gap between a diaphragm 54 and the individual electrode 51.

[0057] Thus, the silicon oxide 34 for joining the obtained electrostatic type actuator directly without forming a gap and using adhesives by the silicon oxide 34 which turns into an insulator layer in the diaphragm substrate 31 which consists of a silicon substrate in which the diaphragm 54 which consists of a high concentration boron layer 32 was formed, and the electrode substrate 41 which consists of a silicon substrate in which the individual electrode 51 was formed, and forming a gap is formed in the diaphragm substrate 31 side.

[0058] Thus, without generating that of the plane of composition by using a semi-conductor manufacture process by preparing the silicon oxide for joining a diaphragm substrate and an electrode substrate directly without using adhesives, and forming a gap in a diaphragm substrate side, the electrostatic type actuator by direct junction can be obtained, gap precision can improve and the device of high density can be obtained further more.

[0059] And as mentioned above in this case, the silicon wafer with which the high-concentration impurity was injected into the diaphragm substrate at the plane-of-composition side of the electrode substrate of a semi-conductor substrate is used. By carrying out patterning to the configuration of a request of the silicon oxide by the side of a plane of composition, and joining to an electrode substrate, after forming in this silicon wafer the silicon oxide of the thickness it is thin about a gap with thermal oxidation The electrostatic type actuator which prepared the silicon oxide for joining a diaphragm substrate and an electrode substrate directly without using adhesives, and forming a gap in the diaphragm substrate side can be manufactured.

[0060] Moreover, as mentioned above, an electrode substrate forms the resist pattern corresponding to an electrode on a silicon substrate, and uses this resist pattern as a mask. By joining to a diaphragm substrate, after removing the oxide film of a plane of composition completely before having the process which forms the barrier layer which performs the postheat treatment which performed the ion implantation and serves as an electrode and joining to a diaphragm substrate The electrostatic type actuator which prepared the silicon oxide for joining a diaphragm substrate and an electrode substrate

directly without using adhesives, and forming a gap in the diaphragm substrate side can be manufactured.

[0061] Next, the 2nd operation gestalt of the electrostatic type actuator concerning this invention is explained with reference to drawing 6 and drawing 7. The explanatory view and drawing 7 explaining the production process of the diaphragm substrate which applied invention which drawing 6 requires for claim 3 are an explanatory view explaining the process which joins the diaphragm substrate of drawing 6, and the electrode substrate of drawing 4, and manufactures an electrostatic type actuator.

[0062] As shown in this drawing (a), the silicon substrate 60 used as a diaphragm substrate uses a wafer with the structure of SOI (Silicon on Insulator). The silicon side 62 where the crystal-face bearing is <110> with the polarity of P type, and the silicon side 61 for carving a diaphragm serves as a diaphragm has made the thickness (here about 2 micrometers) of a diaphragm to board thickness, and the crystal-face bearing is <100>. Although any of P type and N type are sufficient as a polarity, the direction of P type becomes cheap in cost. Moreover, the insulating layer inserted in the middle of the silicon side 61 and the silicon side 62 is silicon oxide 63, and the thickness used the about 150-200-micrometer SOI substrate.

Both sides of this silicon substrate 60 are ground to the mirror plane. This silicon substrate 60 is used as a start ingredient.

[0063] It is shown in this drawing (b) -- as -- this silicon substrate 60 -- PAIRO oxidation (wet oxidation) -- it oxidizes by law and the oxidizing [ thermally ] methods, such as dry oxidation, and silicon oxide 64 is formed in the front face of a silicon substrate 60. Let thickness of the silicon oxide 64 at this time be the thickness of a part equal to the gap of an electrostatic type actuator. Here, it formed in the thickness of about 400 micrometers.

[0064] Next, as shown in this drawing (c), after carrying out spreading formation of the photoresist film 65, as shown in this drawing (d), the pattern 67 which serves as a gap part by the side of a plane of composition at the photoresist film 65, and the pattern 66 used as the etching opening part for forming a diaphragm are formed in both sides of this silicon substrate 60 using a double-sided exposure machine. Here, a double-sided exposure machine is used for securing the pattern used as a gap layer, and the alignment precision of an etching opening part.

[0065] And as shown in this drawing (e), by using the photoresist film 65 as a mask, silicon oxide 64 is etched, the etching opening 68 and the gap opening 69 are formed using the hydrogen fluoride solution of about 5% of concentration, and the photoresist film 65 is removed.

[0066] It is desirable to consider as the process using the exfoliation liquid which the photoresist manufacturer 1 specifies as exfoliation of this photograph TOREJISUTO. Although the ashing device of the photoresist using the oxygen plasma may be used, it is necessary to make it damages (a surface dry area, \*\* of resist ashes, etc.) not appear in silicon oxide 64 in that case.

[0067] Then, it joins directly through the same process as the 1st operation gestalt which mentioned above the electrode substrate 41 formed like the silicon substrate 60 and drawing 4 used as this diaphragm substrate as shown in drawing 7 (a). And as shown in this drawing (b), by using as a mask the silicon oxide 64 which leaves the opening 68 for etching by the side of the silicon side 61 of a silicon substrate 60, and is attached to the front face, into the hydroxide solution of a high-concentration alkali metal, a silicon substrate is dipped and the crevice 53 which etches the silicon side 61 alternatively and serves as a liquid room is formed. In addition, the protective coat 52 for etching is formed in the outside surface of the electrode substrate 41 in this case.

[0068] If etching of the silicon side 61 of a silicon substrate 60 is etched to the insulating layer of silicon oxide 64 at this time, since etching stops spontaneously, the diaphragm 54 which consists of a very thin silicon side 62 can be made with a sufficient precision. Then, as shown in this drawing (c), the silicon oxide 64 of a silicon substrate 60 and the protective coat 52 of the electrode substrate 41 are removed. At this time, the part of the silicon oxide 63 as an insulator layer corresponding to the diaphragm 54 formed in respect of [ 62 ] silicon is also removed, a diaphragm 54 is formed, and the electrostatic type actuator on which put the individual electrode 51 which counters this diaphragm 54 and which the gap was made to counter is obtained.

[0069] The semi-conductor substrate which has SOI structure in a diaphragm substrate is used. Thus, to a plane-of-composition side with the electrode substrate of this semi-conductor substrate By carrying out patterning to the configuration of a request of the silicon oxide by the side of a plane of composition, and joining to an electrode substrate, after forming the silicon oxide of the thickness it is thin about the need gap of an actuator by the oxidizing [ thermally ] method The electrostatic type actuator which prepared the silicon oxide for joining a diaphragm substrate and an electrode substrate directly without using adhesives, and forming a gap in the diaphragm substrate side can be manufactured.

[0070] Next, the 3rd operation gestalt of the electrostatic type actuator concerning this invention is explained with reference to drawing 8 and drawing 9. The explanatory view and drawing 9 explaining the production process of the diaphragm substrate which applied invention which drawing 8 requires for claim 4 are an explanatory view explaining the process which joins the diaphragm substrate of drawing 8, and the electrode substrate of drawing 4, and manufactures an electrostatic type actuator.

[0071] As shown in this drawing (a), the crystal-face bearing is  $\langle 110 \rangle$  and the silicon substrate 71 used as a diaphragm substrate is grinding both sides to the mirror plane. This silicon substrate 71 is used as a start ingredient. And a CVD method is used for a plane-of-composition side with the electrode substrate of this silicon substrate 71, and the silicon nitride 72 is made to deposit. At this time, thickness of the silicon nitride 72 is taken as the thickness of a diaphragm.

[0072] Next, as shown in this drawing (b), silicon oxide 74 is formed all over a silicon substrate 71. Since the thermal oxidation film hardly grows on the silicon nitride 72, silicon oxide 74 is formed by approaches, such as a CVD method. Let thickness of the silicon oxide 74 at this time be the thickness of a part equal to the gap of an electrostatic type actuator. Here, it formed in the thickness of about 400nm.

[0073] And as shown in this drawing (c), after applying a photoresist 75 to both sides of a silicon substrate 71, as shown in this drawing (d), the pattern 77 used as the gap part by the side of a plane of composition and the pattern 76 used as the etching opening part for forming a diaphragm are formed using a double-sided exposure machine. Here, a double-sided exposure machine is used for securing the pattern used as a gap layer, and the alignment precision of an etching opening part.

[0074] Next, by using a photoresist 75 as a mask, using the hydrogen fluoride solution of about 5% of concentration, silicon oxide 74 is etched, the etching opening 78 and the gap opening 79 are formed, and a photoresist is removed as shown in this drawing (e). It is desirable to consider as the process using the exfoliation liquid which the photoresist manufacturer 1 specifies as exfoliation of this photoresist. Although the ashing device of the photoresist using the oxygen plasma may be used, it is necessary to make it damages (a surface dry area, \*\* of resist ashes, etc.) not appear in silicon oxide in that case.

[0075] Then, it is made to join to the electrode substrate 41 shown in the diaphragm substrate 71 and drawing 4 by the same approach as the 1st operation gestalt mentioned above directly, as shown in drawing 9 (a). And as shown in this drawing (b), by using as a mask the silicon oxide 74 which leaves opening 78 part for etching by the side of a silicon substrate 71, and is attached to the front face, into the hydroxide solution of a high-concentration alkali metal, a silicon substrate is dipped and the crevice 53 which etches a silicon side alternatively and serves as a liquid room is formed. In addition, the protective coat 52 for etching is formed in the outside surface of the electrode substrate 41 in this case.

[0076] If etching of a silicon substrate 71 is etched to the silicon nitride 72 at this time, since etching stops spontaneously, the diaphragm 54 which consists of a very thin silicon nitride 72 can be made with a sufficient precision. Then, the electrostatic type actuator on which put the individual electrode 51 which removes the silicon oxide 74 of the diaphragm substrate 71 and the protective coat 52 of the electrode substrate 41, and counters a diaphragm 54 and a diaphragm 54 as shown in this drawing (c) and which the gap was made to counter is obtained.

[0077] A silicon substrate is used for a diaphragm substrate. Thus, on a plane of composition with the electrode substrate of this silicon substrate After forming silicon oxide even in the thickness it is thin about the need gap of an actuator on this nitride after forming the silicon nitride used as the thickness of a diaphragm in the whole surface, By carrying out patterning to the configuration of a request of the silicon oxide by the side of a plane of composition, and joining to an electrode substrate The electrostatic type actuator which prepared the silicon oxide for joining a diaphragm substrate and an electrode substrate directly without using adhesives, and forming a gap in the diaphragm substrate side can be manufactured.

[0078] Next, the 4th operation gestalt of the manufacture approach of the electrostatic type actuator concerning this invention is explained with reference to drawing 10. Drawing 10 is an explanatory view explaining the production process which applied invention concerning claim 5. First, as shown in this drawing (a), the crystal-face bearing is  $\langle 110 \rangle$  and the silicon substrate 81 used as a diaphragm substrate is grinding both sides to the mirror plane. This silicon substrate 81 is used as a start ingredient.

[0079] And the silicon oxide used as a buffer oxide film is thinly formed in a silicon substrate 81 (not shown). A CVD method is used for this silicon substrate 81, and the silicon nitride 82 is made to deposit. Thickness of the silicon nitride 82 at this time is taken as the thickness of a diaphragm.

[0080] Next, as shown in this drawing (b), a photoresist 85 is applied to a plane-of-composition side with the electrode substrate of a silicon substrate 81, and patterning which left the diaphragm pattern part 89 corresponding to the configuration of a diaphragm as shown in this drawing (c) is carried out. Then, by using the diaphragm pattern part 89 of this photoresist 85 as a mask, the silicon nitride 82 is etched and silicon oxide 82 is made into a diaphragm configuration.

[0081] And as shown in this drawing (d), after exfoliating a photoresist 85, a silicon substrate 81 is oxidized thermally by approaches, such as PAIRO oxidation. Of this, an oxide film does not grow up to be the field covered by the silicon nitride 82, but silicon oxide 84 is formed alternatively. Let thickness of the silicon oxide 84 at this time be the thickness of a part equal to the gap of an electrostatic type actuator. Here, it formed in the thickness of about 400 micrometers.

[0082] Next, as shown in this drawing (e), after applying a photoresist 85 to the top face of this silicon substrate 81, as the

pattern 86 of the etching part for forming a liquid room crevice is formed using a double-sided exposure machine and it is shown in this drawing (f), silicon oxide 84 is etched, the etching opening 88 is formed, a photoresist 85 is removed, and a diaphragm substrate is obtained.

[0083] It is desirable to consider as the process using the exfoliation liquid which the photoresist manufacturer 1 specifies as exfoliation of this photoresist. Although the ashing device of the photoresist using the oxygen plasma may be used, it is necessary to make it damages (a surface dry area, \*\* of resist ashes, etc.) not appear in silicon oxide in that case.

[0084] Then, the silicon substrate 81 and the electrode substrate 41 used as a diaphragm substrate are directly joined like each operation gestalt mentioned above. The silicon oxide 84 which leaves opening 88 part for etching by the side of a silicon substrate 81, and is attached to the front face is used as a mask. Into the hydroxide solution (for example, 30%-KOH solution heated at 80 degrees C) of a high-concentration alkali metal, a silicon substrate is dipped and the crevice 53 which etches a silicon substrate 81 alternatively and serves as a liquid room is formed. If etching of a silicon substrate is etched to the silicon nitride 82 of a silicon substrate 81 at this time, for a stop reason, etching can make spontaneously the diaphragm 54 which consists of a very thin silicon nitride with a sufficient precision.

[0085] Then, the electrostatic type actuator on which put the individual electrode 51 which removes the silicon oxide 84 of the silicon substrate 81 which turns into a diaphragm substrate as shown in this drawing (g), and the protective coat of the electrode substrate 41, and counters a diaphragm 54 and a diaphragm 54 and which the gap was made to counter is obtained.

[0086] Thus, after using a silicon wafer for a diaphragm substrate and forming the silicon nitride used as the thickness of a diaphragm on a plane of composition with the electrode substrate of this silicon wafer, After leaving and carrying out patterning of the silicon nitride only to the field which forms a diaphragm, By oxidizing thermally by using this nitride as a mask, oxidizing a silicon substrate alternatively, and joining to an electrode substrate, after growing up an oxide film even into the thickness it is thin about the need gap of an actuator The electrostatic type actuator which prepared the silicon oxide for joining a diaphragm substrate and an electrode substrate directly without using adhesives, and forming a gap in the diaphragm substrate side can be manufactured.

[0087] Next, the 5th operation gestalt of the manufacture approach of the electrostatic type actuator concerning this invention is explained with reference to drawing 11 . Drawing 11 is an explanatory view explaining the production process which applied invention concerning claim 6. As shown in this drawing (a), the silicon substrate 91 used as a diaphragm substrate has the polarity of P type, and the crystal-face bearing is <110> and it is grinding both sides to the mirror plane. Using means, such as a solid-state diffusion method, high-concentration boron pours into the near field used as a plane of composition with the electrode substrate of this silicon substrate 91, and the high concentration boron layer 92 is formed in it. The thickness of this high concentration boron layer 92 is diffused so that it may become the thickness of a diaphragm. This silicon substrate is used as a start ingredient.

[0088] First, the silicon oxide used as a buffer oxide film is thinly formed in this silicon substrate 91 (not shown). And a CVD method is used for a plane-of-composition side with the electrode substrate of this silicon substrate 91, and the silicon nitride 93 is made to deposit, as shown in this drawing (b).

[0089] And a photoresist 95 is applied to the plane-of-composition side of this silicon substrate 91, and patterning which left the diaphragm pattern part 99 corresponding to the configuration of a diaphragm is carried out. Then, as shown in this drawing (c), by using the diaphragm pattern part 99 of this photoresist 95 as a mask, the silicon nitride 93 and the high concentration boron layer 92 are etched, and the high concentration boron layer 92 is made into a diaphragm configuration.

[0090] Then, as shown in this drawing (d), after exfoliating a photoresist 95, a silicon substrate 91 is oxidized thermally by approaches, such as PAIRO oxidation. Of this, an oxide film does not grow up to be the field covered by the silicon nitride 93, but silicon oxide 94 is formed alternatively. Let thickness of the silicon oxide 94 at this time be the thickness of a part equal to the gap of an electrostatic type actuator. Here, it formed in the thickness of about 400 micrometers.

[0091] Next, as shown in this drawing (e), after applying a photoresist 95 to the etching side for crevice formation of this silicon substrate 91, as the pattern 96 used as the etching opening part for forming a diaphragm is formed using a double-sided exposure machine and it is shown in this drawing (f), silicon oxide 94 is etched, the etching opening 98 is formed, a photoresist 95 is removed, the silicon nitride 93 is removed, and a diaphragm substrate is obtained.

[0092] It is desirable to consider as the process using the exfoliation liquid which the photoresist manufacturer 1 specifies as exfoliation of this photoresist. Although the ashing device of the photoresist using the oxygen plasma may be used, it is necessary to make it damages (a surface dry area, \*\* of resist ashes, etc.) not appear in silicon oxide in that case.

[0093] Then, the silicon substrate 91 and the electrode substrate 41 used as a diaphragm substrate are directly joined like each operation gestalt mentioned above, by using as a mask the silicon oxide 94 which leaves opening 67 part for etching by the side of a silicon substrate 91, and is attached to the front face, into the hydroxide solution of a high-concentration



alkali metal, a silicon substrate is dipped and the crevice 53 which etches a silicon side alternatively and serves as a liquid room is formed. If etched to the high concentration boron layer 92 in which etching of a silicon substrate was injected into the silicon substrate 91 at this time, for a stop reason, etching can make spontaneously the diaphragm 54 which consists of a very thin boron layer with a sufficient precision.

[0094] Then, the electrostatic type actuator on which put the individual electrode 51 which removes the silicon oxide 94 of the silicon substrate 91 which turns into a diaphragm substrate as shown in this drawing (g), and the protective coat of the electrode substrate 41, and counters a diaphragm 54 and a diaphragm 54 and which the gap was made to counter is obtained.

[0095] After carrying out the mask of the field used as the diaphragm by the side of the plane of composition of this silicon wafer to a diaphragm using the silicon wafer with which the high-concentration impurity was poured in at the plane-of-composition side with the electrode substrate of a semi-conductor substrate, by thus, the thing to oxidize by thermal oxidation By removing a mask and joining to an electrode substrate, after forming in the thickness which oxidizes alternatively and serves as a need gap of an actuator except the field used as a diaphragm The electrostatic type actuator which prepared the silicon oxide for joining a diaphragm substrate and an electrode substrate directly without using adhesives, and forming a gap in the diaphragm substrate side can be manufactured.

[0096] Next, the 6th operation gestalt of the manufacture approach of the electrostatic type actuator concerning this invention is explained with reference to drawing 12. In addition, this drawing is an explanatory view explaining the production process which applied invention concerning claim 7.

[0097] As shown in this drawing (a), the silicon substrate 100 used as a diaphragm substrate uses a wafer with SOI structure. Board thickness has made the thickness (here about 2 micrometers) of a diaphragm to the silicon side 102 where the crystal-face bearing is <110>, and the silicon side 101 for carving a diaphragm serves as a diaphragm with the polarity of P type, and the crystal-face bearing is <100>. Although any of P type and N type are sufficient as a polarity, the direction of P type becomes cheap in cost. Moreover, the insulating layer inserted in the middle of the silicon side 101 and the silicon side 102 is silicon oxide 103, and the thickness used the about 150-200-micrometer SOI substrate. Both sides of this silicon substrate 100 are ground to the mirror plane. This silicon substrate 100 is used as a start ingredient.

[0098] First, the silicon oxide used as a buffer oxide film is thinly formed in a silicon substrate 30 (not shown). And a CVD method is used and the silicon nitride 110 is made to deposit on this silicon substrate 100, as shown in this drawing (b). And a photoresist 105 is applied to the plane-of-composition side of a silicon substrate 100, and patterning which left the diaphragm pattern part 109 which makes the configuration of a diaphragm is carried out.

[0099] Then, as shown in this drawing (c), the silicon nitride 110 and the silicon side 102 are etched by using the diaphragm pattern part 109 of a photoresist 105 as a mask, and it builds in the configuration of a diaphragm. Then, as shown in this drawing (d), after exfoliating a photoresist 105, a silicon substrate 100 is oxidized thermally by approaches, such as PAIRO oxidation. Of this, an oxide film does not grow up to be the field covered by the silicon nitride 110, but silicon oxide 104 is formed alternatively. Let thickness of silicon oxide 104 be the thickness of a part equal to the gap of an electrostatic type actuator at this time. Here, it formed in the thickness of about 400 micrometers.

[0100] Next, as shown in this drawing (e), after applying a photoresist 105 to the etching side for the crevice formation to the silicon side 101 of this silicon substrate 100, As the pattern used as the etching opening 106 for forming a diaphragm is formed using a double-sided exposure machine and it is shown in this drawing (f) Silicon oxide 104 is etched, the etching opening 108 is formed, a photoresist 105 is removed, the silicon nitride 110 is removed, and a diaphragm substrate is obtained.

[0101] It is desirable to consider as the process using the exfoliation liquid which the photoresist manufacturer 1 specifies as exfoliation of this photoresist. Although the ashing device of the photoresist using the oxygen plasma may be used, it is necessary to make it damages (a surface dry area, \*\* of resist ashes, etc.) not appear in silicon oxide in that case.

[0102] Then, as shown in this drawing (g), the silicon side 101 of the silicon substrate 100 used as a diaphragm substrate is directly joined to the electrode substrate 41 like the 1st operation gestalt mentioned above. By using as a mask the silicon oxide 104 which leaves opening 108 part for etching by the side of a silicon substrate 100, and is attached to the front face as a following process, into the hydroxide solution of a high-concentration alkali metal, a silicon substrate is dipped, a silicon side is etched alternatively, and the crevice 53 used as a liquid room is formed. At this time, if etching of a silicon substrate 100 comes to the field of the silicon oxide 103 which is an interlayer insulation film of a SOI substrate at this time, since etching stops it spontaneously, it can make the diaphragm 54 which consists of a very thin silicon side 102 with a sufficient precision.

[0103] After carrying out the mask of the field used as the diaphragm on a plane of composition with the electrode substrate of this semi-conductor substrate using the semi-conductor substrate which has SOI structure in a diaphragm substrate, by thus, the thing to oxidize by thermal oxidation By oxidizing alternatively except the field used as a

diaphragm, removing a mask, after forming an oxide film even in the thickness it is thin about the need gap of an actuator, and joining to an electrode substrate. The electrostatic type actuator which prepared the silicon oxide for joining a diaphragm substrate and an electrode substrate directly without using adhesives, and forming a gap in the diaphragm substrate side can be manufactured.

[0104] Next, the 7th operation gestalt of the manufacture approach of the electrostatic type actuator concerning this invention is explained with reference to drawing 11. This drawing (a) is an explanatory view showing other operation gestalten of a diaphragm substrate [ in / for other operation gestalten of the diaphragm substrate in the 1st operation gestalt / in this drawing (b) / the 2nd operation gestalt ]. In this operation gestalt, it is leak and the thing which sticks and prevents \*\*\*\* with an electrode in leaving an insulator layer to the diaphragm substrate 31 or electrode surface side of 61. an insulator layer -- approaches, such as thermal oxidation, -- silicon oxide -- you may form -- already -- some silicon oxide 34 and 64 -- a pole -- it leaves thinly and is good also as an insulator layer 111. Thereby, the degree of freedom of the manufacture approach of an electrode substrate becomes high.

[0105] Next, the 8th operation gestalt of the manufacture approach of the electrostatic type actuator concerning this invention is explained with reference to drawing 12. Drawing 12 is an explanatory view explaining the production process of the electrode substrate which applied invention concerning claim 10. First, the silicon substrate 121 used as the electrode substrate shown in this drawing (a) had the polarity of P type, and the crystal-face bearing is the substrate of <110>, and it has made the mirror plane to the plane-of-composition side with a diaphragm substrate.

[0106] Then, as shown in this drawing (b), the silicon oxide 124 used as a buffer oxide film is formed in the front face of this silicon substrate 121 by the oxidizing [ thermally ] method. The thickness of extent which can be equal to wet etching is required for the thickness of the silicon oxide 124 at this time. Here, it formed in the thickness of about 1 micrometer.

[0107] Then, after carrying out patterning only of the field which forms an electrode after applying a photoresist 125 to the plane of composition (mirror plane side) of this silicon substrate 121 so that opening 126 may be formed, it etches silicon oxide 124 by using a photoresist 125 as a mask, and forms opening 126.

[0108] And as shown in this drawing (c), a photoresist 125 is removed, a silicon substrate 121 is dipped into the hydroxide solution of a high-concentration alkali metal, and a silicon side is etched alternatively. The amount of etching at this time is etched by Fukashi who is extent where an electrode material is embedded. Here, it etched even into a depth of about 300nm. Next, the silicon oxide 127 used as the insulator layer of an electrode material and a silicon substrate 121 is formed. Thickness of silicon oxide 127 it is thin to the insulator layer at this time was made into the thickness of about 100 micrometers.

[0109] Next, as shown in this drawing (d), the polish recon 128 into which the impurity used as an electrode was introduced is deposited by approaches, such as CVD. At this time, ingredients of a refractory metal system, such as titanium nitride, are sufficient as an electrode material. Moreover, thickness of an electrode material was set to about 100 micrometers. Then, the silicon oxide 129 which is capped is deposited by approaches, such as CVD, and the insulation of an electrode is secured.

[0110] And as it is shown in this drawing (e), and it considers as a mask, and the pattern of this photoresist is etched with silicon oxide 129, the polish recon 128 which is an electrode material, and silicon oxide 127 and is shown in this drawing (f), the electrode substrate in which the individual electrode 51 which removes the photoresist pattern 130 and consists of polish recon was formed is obtained [ after applying a photoresist, exposing and developing this at the configuration of an electrode and forming the pattern 130 of an electrode configuration, ].

[0111] Here, although the electrode configuration was acquired by photo etching, as shown in drawing 15, after depositing the silicon oxide 129 which is capped, as shown in this drawing (e), you may grind up to silicon substrate 121 front face by approaches, such as CMP (Chemical Mechanical Polishing). At this time, a silicon substrate side (junction interface) is finished flat-tapped, and has the advantage by which profile irregularity and granularity are equalized.

[0112] Then, an electrostatic type actuator can be obtained by making it join to a diaphragm substrate directly by the above approaches.

[0113] Thus, after an electrode substrate deposits the polish recon film with which the impurity was poured in on the silicon substrate, Since it joins to a diaphragm substrate after exposing the silicon substrate which forms the silicon oxide used as an insulator layer, forms the protective coat of a wrap configuration for an electrode pattern, etches by using this protective coat as a mask, and serves as a plane of composition. The electrode structure of an embedding mold can be acquired, the contact to an electrode can take from a diaphragm substrate or electrode substrate side, and a degree of freedom increases to loading to the functional device of an actuator.

[0114] Next, the 9th operation gestalt of the manufacture approach of the electrostatic type actuator concerning this invention is explained with reference to drawing 16 and drawing 17. The explanatory view explaining the production process of the electrostatic type actuator of claim 11 which applied invention which drawing 16 requires for claim 12, and



drawing 17 are the explanatory views explaining the junction process of a diaphragm substrate and an electrode substrate. [0115] An electrostatic type actuator here has a difference in how to take the electrostatic type actuator mentioned above and an individual electrode, with the electrostatic type actuator of claim 11, the electrode substrate in which the old electrode was formed serves as a common electrode (grand level), and the electrostatic type actuator mentioned above is made the configuration which can impress an electrical potential difference to a diaphragm according to an individual, although the diaphragm substrate and the electrode substrate existed separately and divided each function.

[0116] Then, as shown in drawing 16 (a), the silicon substrate 140 used as a diaphragm substrate uses a wafer with SOI structure. The thickness (here about 2 micrometers) of a diaphragm is made to board thickness, crystal-face bearing is  $\langle 110 \rangle$  and the polarity of the silicon side 142 where the crystal-face bearing is  $\langle 110 \rangle$  with the polarity of P type, and the silicon side 141 for carving a diaphragm serves as a diaphragm is P type. Moreover, the insulating layer 143 inserted in the middle is silicon oxide, and the thickness used the about 150-200-micrometer SOI substrate. Both sides are ground by the mirror plane. This silicon substrate is used as a start ingredient.

[0117] first, it is shown in this drawing (b) -- as -- this silicon substrate 140 -- PAIRO oxidation (wet oxidation) -- it oxidizes by law and the oxidizing [ thermally ] methods, such as dry oxidation, and silicon oxide 144 is formed in the front face of a silicon substrate 140. Let thickness of the silicon oxide 144 at this time be the thickness of a part equal to the gap of an electrostatic type actuator. Here, it formed in the thickness of about 400 micrometers.

[0118] Next, as shown in this drawing (c), after applying a photoresist 145 to both sides of this silicon substrate 140, the pattern 127 which serves as a gap part by the side of a plane of composition with an electrode substrate using a double-sided exposure machine as shown in this drawing (d), and the pattern 126 used as the etching opening part for forming a diaphragm are formed. Here, a double-sided exposure machine is used for securing the pattern used as a gap layer, and the alignment precision of an etching opening part.

[0119] Next, silicon oxide 144 is etched by using a photoresist 145 as a mask using the hydrogen fluoride solution of about 5% of concentration. Then, as shown in this drawing (e), the ion 149 which serves as N type after pouring into the silicon substrate side used as a diaphragm is poured in by using the film of a photoresist 145 as a mask, a photoresist 145 is removed, and a diaphragm substrate is obtained.

[0120] It is desirable to consider as the process using the exfoliation liquid which the photoresist manufacturer 1 specifies as exfoliation of this photoresist. Although the ashing device of the photoresist using the oxygen plasma may be used, it is necessary to make it damages (a surface dry area, \*\* of resist ashes, etc.) not appear in silicon oxide in that case.

[0121] Then, as shown in drawing 17 (a), the silicon substrate 140 used as this diaphragm substrate is directly joined to the electrode substrate 151 which formed the protective coat 152. At this time, with heat, the ion 149 injected into the silicon substrate 140 is activated, and it functions as an individual electrode 150.

[0122] And as shown in this drawing (b), the silicon oxide 144 which leaves etching opening 148 part by the side of a silicon substrate 140, and is attached to the front face is used as a mask. Dip a silicon substrate into the hydroxide solution of a high-concentration alkali metal, and a silicon side is etched alternatively. The crevice 153 used as a liquid room is formed, as shown in this drawing (c) after that, the silicon oxide 143 grade which is in the pars basilaris ossis occipitalis of a crevice 153 through an oxide-film removal process is removed, and a diaphragm 154 is formed.

[0123] At this time, if etching of a silicon substrate 140 is etched to the insulating layer of silicon oxide 143, since etching stops it spontaneously, it can make the very thin diaphragm 154 with a sufficient precision. In addition, since the silicon oxide 143 on a diaphragm 154 is removed at a next oxide-film removal process as mentioned above, an oscillation characteristic is not affected.

[0124] Thus, the semi-conductor substrate which forms a diaphragm has SOI structure. After forming the silicon oxide of the thickness it is thin about the need gap of an actuator by the oxidizing [ thermally ] method on a silicon side with the 1st conductivity type used as a plane of composition, Patterning of the silicon oxide by the side of a plane of composition is carried out to a desired configuration by the resist. By activating the ion poured in with the heat of the direct junction at the time of junction to the silicon substrate of low resistance, after performing the ion implantation which serves as the 2nd conductivity type by using this pattern film as a mask and forming an individual electrode in diaphragm each The electrostatic type actuator which prepared the silicon oxide for joining a diaphragm substrate and an electrode substrate directly without using adhesives, and forming a gap in the diaphragm substrate side can be manufactured.

[0125] Next, the 10th operation gestalt of the manufacture approach of the electrostatic type actuator concerning this invention is explained with reference to drawing 18 and drawing 19. The explanatory view and drawing 19 explaining the process which manufactures a diaphragm substrate with the application of invention which drawing 18 requires for claim 13 are an explanatory view explaining the process which joins a diaphragm substrate and an electrode substrate and manufactures an electrostatic type actuator.

[0126] First, as shown in drawing 18 (a), the crystal-face bearing is  $\langle 110 \rangle$  and the silicon substrate 141 used as a

diaphragm substrate is grinding both sides to the mirror plane. This silicon substrate 161 is used as a start ingredient. [0127] And a CVD method is used for this silicon substrate 161, and the silicon nitride 162 is made to deposit. Thickness of the silicon nitride 162 at this time is taken as the thickness of a diaphragm. Next, as shown in this drawing (b), silicon oxide 164 is formed all over a silicon substrate 161. Since the thermal oxidation film hardly grows on the silicon nitride 162 at this time, silicon oxide 164 is formed by approaches, such as a CVD method. Let thickness of the silicon oxide 144 at this time be the thickness of a part equal to the gap of an electrostatic type actuator. Here, it formed in the thickness of about 400 micrometers.

[0128] Next, as shown in this drawing (c), after applying a photoresist 165 to both sides of this silicon substrate 161, as shown in this drawing (d), the pattern 167 used as the gap part by the side of a plane of composition and the pattern 166 used as the etching opening part for forming a diaphragm are formed using a double-sided exposure machine. Here, a double-sided exposure machine is used for securing the pattern used as a gap layer, and the alignment precision of an etching opening part.

[0129] And silicon oxide 164 is etched by using a photoresist 165 as a mask using the hydrogen fluoride solution of about 5% of concentration, and openings 168 and 169 are formed. Then, as shown in this drawing (e), the thin film 170 of refractory metal systems, such as titanium nitride, is deposited by approaches, such as a spatter. The thin film formation approach at this time has the desirable approach which step coverage, such as a spatter, does not have.

[0130] Next, as shown in this drawing (g), a photoresist 165 is removed and a diaphragm substrate is obtained. The thin film 170 for electrodes which remains in the photoresist film upper part at exfoliation and coincidence of a photoresist 165 is also made to exfoliate at this time (the lift-off method). An individual electrode can be formed in a diaphragm rear face by using this approach.

[0131] Then, it is made to join to the silicon substrate 161 which turns into a diaphragm substrate by the above approaches, and the electrode substrate 171 which formed the protective coat 172 directly, as shown in drawing 19 (a). As a following process, the crevice 173 which dips a silicon substrate into the hydroxide solution of a high-concentration alkali metal, etches a silicon side alternatively, and serves as a liquid room is formed by using as a mask the silicon oxide 164 which leaves the opening 168 for etching by the side of a silicon substrate 161, and is attached to the front face as shown in this drawing (b).

[0132] At this time, if etching of a silicon substrate is etched to the silicon nitride 162 of the silicon substrate opposite side, since etching stops it spontaneously, it can make the diaphragm 174 by the very thin silicon nitride with a sufficient precision. Then, as shown in this drawing (c), silicon oxide 164 grade is removed and an electrostatic type actuator is obtained.

[0133] Thus, the semi-conductor substrate which forms a diaphragm is a silicon wafer. After forming the silicon nitride used as the thickness of a diaphragm on the silicon side used as a plane of composition, Deposition formation of the silicon oxide is carried out on this nitride even at the thickness it is thin about the need gap of an actuator. By depositing the conductive film on the diaphragm substrate to which this resist was attached, and removing the conductive film of parts other than a diaphragm the whole resist film, after carrying out patterning of this silicon oxide to a desired configuration by the resist After forming an individual electrode in diaphragm each, by joining to the silicon substrate of low resistance directly The electrostatic type actuator which prepared the silicon oxide for joining a diaphragm substrate and an electrode substrate directly without using adhesives, and forming a gap in the diaphragm substrate side can be manufactured.

[0134]

[Effect of the Invention] The diaphragm substrate which formed the diaphragm according to the electrostatic type actuator of claim 1 as explained above, In the electrostatic type actuator which a diaphragm deforms by forming a gap, joining by the silicon oxide which turns into an insulator layer in the electrode substrate in which the individual electrode was formed, and impressing an electrical potential difference between said electrodes and diaphragms Since it considered as the configuration which prepared the silicon oxide for joining a diaphragm substrate and an electrode substrate directly without using adhesives, and forming a gap in the diaphragm substrate side When manufacturing an actuator using a semi-conductor process, direct junction can be carried out without generating that of the plane of composition of a diaphragm substrate and an electrode substrate, and the electrostatic type actuator of high density can be obtained by low cost.

[0135] In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of above-mentioned claim 1 according to the manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 2 The silicon wafer with which the high-concentration impurity was injected into the diaphragm substrate at the plane-of-composition side of the electrode substrate of a semi-conductor substrate is used. Since it considered as the configuration which carries out patterning to the configuration of a request of the silicon oxide by the side of a plane of composition and which is

joined to an electrode substrate after forming in this silicon wafer the silicon oxide of the thickness it is thin about a gap with thermal oxidation Without generating that of the plane of composition by using a semi-conductor manufacture process, the electrostatic type actuator by direct junction can be obtained, gap precision can improve and the device of high density can be obtained further more.

[0136] In the manufacture approach of the electrostatic type actuator which carries out the electrostatic type actuator of above-mentioned claim 1 according to the manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 3 The semi-conductor substrate which has SOI structure in a diaphragm substrate is used. To a plane-of-composition side with the electrode substrate of this semi-conductor substrate Since patterning was carried out to the configuration of a request of the silicon oxide by the side of a plane of composition and it considered as the configuration joined to an electrode substrate after forming the silicon oxide of the thickness it is thin about the need gap of an actuator by the oxidizing [ thermally ] method Without generating that of the plane of composition by using a semi-conductor manufacture process, the electrostatic type actuator by direct junction can be obtained, gap precision can improve and the device of high density can be obtained further more.

[0137] In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of above-mentioned claim 1 according to the manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 4 A silicon substrate is used for a diaphragm substrate. On a plane of composition with the electrode substrate of this silicon substrate After forming silicon oxide even in the thickness it is thin about the need gap of an actuator on this nitride after forming the silicon nitride used as the thickness of a diaphragm in the whole surface, Since patterning was carried out to the configuration of a request of the silicon oxide by the side of a plane of composition and it considered as the configuration joined to an electrode substrate Without generating that of the plane of composition by using a semi-conductor manufacture process, the electrostatic type actuator by direct junction can be obtained, gap precision can improve and the device of high density can be obtained further more.

[0138] In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of above-mentioned claim 1 according to the manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 5 After using a silicon wafer for a diaphragm substrate and forming the silicon nitride used as the thickness of a diaphragm on a plane of composition with the electrode substrate of this silicon wafer, After leaving and carrying out patterning of the silicon nitride only to the field which forms a diaphragm, Since it considered as the configuration joined to an electrode substrate after growing up an oxide film even into the thickness which oxidizes thermally by using this nitride as a mask, oxidizes a silicon substrate alternatively, and serves as a need gap of an actuator Without generating that of the plane of composition by using a semi-conductor manufacture process, the electrostatic type actuator by direct junction can be obtained, gap precision can improve and the device of high density can be obtained further more.

[0139] In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of above-mentioned claim 1 according to the manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 6 After carrying out the mask of the field used as the diaphragm by the side of the plane of composition of this silicon wafer to a diaphragm using the silicon wafer with which the high-concentration impurity was poured in at the plane-of-composition side with the electrode substrate of a semi-conductor substrate, by oxidizing by thermal oxidation Since it considered as the configuration which removes a mask and is joined to an electrode substrate after forming in the thickness which oxidizes alternatively and serves as a need gap of an actuator except the field used as a diaphragm Without generating that of the plane of composition by using a semi-conductor manufacture process, the electrostatic type actuator by direct junction can be obtained, gap precision can improve and the device of high density can be obtained further more.

[0140] In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of above-mentioned claim 1 according to the manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 7 After carrying out the mask of the field used as the diaphragm on a plane of composition with the electrode substrate of this semi-conductor substrate using the semi-conductor substrate which has SOI structure in a diaphragm substrate, by oxidizing by thermal oxidation Since it considered as the configuration which oxidizes alternatively except the field used as a diaphragm, removes a mask after forming an oxide film even in the thickness it is thin about the need gap of an actuator, and is joined to an electrode substrate Without generating that of the plane of composition by using a semi-conductor manufacture process, the electrostatic type actuator by direct junction can be obtained, gap precision can improve and the device of high density can be obtained further more.

[0141] According to the manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 8, it sets to the manufacture approach of above-mentioned claim 2 or the electrostatic type actuator of 3. Since it considered as the configuration which left the thin film of silicon oxide to the plane-of-composition side of a diaphragm substrate during patterning of an oxide film, or oxidized thermally again after patterning termination, and formed the oxide film in the diaphragm background Without generating that of the plane of composition by using a semi-conductor manufacture process, the

electrostatic type actuator by direct junction can be obtained, gap precision can improve and the device of high density can be obtained further more.

[0142] In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of above-mentioned claim 1 according to the manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 9 An electrode substrate forms the resist pattern corresponding to an electrode on a silicon substrate, and uses this resist pattern as a mask. Since it considered as the configuration joined to a diaphragm substrate after removing the oxide film of a plane of composition completely before having the process which performs the postheat treatment which performed the ion implantation and forms a barrier layer and joining to a diaphragm substrate Without generating that of the plane of composition by using a semi-conductor manufacture process, the electrostatic type actuator by direct junction can be obtained, gap precision can improve and the device of high density can be obtained further more.

[0143] In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of above-mentioned claim 1 according to the manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 10 After an electrode substrate deposits the polish recon film or metal system electric conduction film with which the impurity was poured in on the silicon substrate, Since it considered as the configuration joined to a diaphragm substrate after exposing the silicon substrate which forms the silicon oxide used as an insulator layer, forms the protective coat of a wrap configuration for an electrode pattern, etches by using this protective coat as a mask, and serves as a plane of composition The contact to an electrode can take even from which substrate side, and the degree of freedom of loading of the functional device of an actuator becomes high.

[0144] The diaphragm substrate which formed the diaphragm and the individual electrode according to the electrostatic type actuator of claim 11, By the silicon oxide which turns into an insulator layer in the electrode substrate in which the common electrode was formed, form a gap and it joins. It is the electrostatic type actuator which a diaphragm deforms by impressing an electrical potential difference between an individual electrode and a common electrode. Since it considered as the configuration which prepared the silicon oxide for a diaphragm substrate being a silicon substrate of low resistance, joining a diaphragm substrate and an electrode substrate directly without using adhesives, and forming a gap in the diaphragm substrate side When manufacturing an actuator using a semi-conductor process, direct junction can be carried out without generating that of the plane of composition of a diaphragm substrate and an electrode substrate, and the electrostatic type actuator of high density can be obtained by low cost.

[0145] In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of above-mentioned claim 11 according to the manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 12 On a silicon side with the 1st conductivity type which the semi-conductor substrate which forms a diaphragm has SOI structure, and serves as a plane of composition After forming the silicon oxide of the thickness it is thin about the need gap of an actuator by the oxidizing [ thermally ] method, Patterning of the silicon oxide by the side of a plane of composition is carried out to a desired configuration by the resist. Since it considered as the configuration which activates the ion poured in with the heat of the direct junction at the time of junction to a silicon substrate after performing the ion implantation which serves as the 2nd conductivity type by using this pattern film as a mask and forming an individual electrode in diaphragm each The contact to an electrode can take even from which substrate side, and the degree of freedom of loading of the functional device of an actuator becomes high.

[0146] In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of above-mentioned claim 11 according to the manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 13 After forming the silicon nitride used as the thickness of a diaphragm on the silicon side where the semi-conductor substrate which forms a diaphragm is a silicon wafer, and serves as a plane of composition, Deposition formation of the silicon oxide is carried out on this nitride even at the thickness it is thin about the need gap of an actuator. By depositing the conductive film on the diaphragm substrate to which this resist was attached, and removing the conductive film of parts other than a diaphragm the whole resist film, after carrying out patterning of this silicon oxide to a desired configuration by the resist Since it considered as the configuration directly joined to a silicon substrate after forming an individual electrode in diaphragm each, the contact to an electrode can take even from which substrate side, and the degree of freedom of loading of the functional device of an actuator becomes high.

[0147] The nozzle which carries out the regurgitation of the ink droplet according to the ink jet head of claim 14, The diaphragm which forms the wall surface of the regurgitation room which a nozzle opens for free passage, and this regurgitation room, and this diaphragm are equipped with the actuator which consists of an electrode which set the predetermined gap and carried out opposite arrangement. Since it considered as the configuration which an actuator becomes from claim 1 or the electrostatic type actuator of 11 in the electrostatic type ink jet head which makes an ink droplet breathe out from a nozzle by impressing an electrical potential difference between a diaphragm and an electrode The ink jet head of high density can be obtained by low cost.

[0148] The nozzle which carries out the regurgitation of the ink droplet according to the ink jet head of claim 15, The diaphragm which forms the wall surface of the regurgitation room which a nozzle opens for free passage, and this regurgitation room, and this diaphragm are equipped with the actuator which consists of an electrode which set the predetermined gap and carried out opposite arrangement. In the electrostatic type ink jet head which makes an ink droplet breathe out from a nozzle by impressing an electrical potential difference between a diaphragm and an electrode Since it considered as the configuration which an actuator becomes from the electrostatic type actuator manufactured by the manufacture approach of either claim 2 10 and 12 thru/or 14, the ink jet head of high density can be obtained by low cost.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] By the silicon oxide which turns into an insulator layer in the diaphragm substrate in which the diaphragm was formed, and the electrode substrate in which the individual electrode was formed, form a gap and it joins. In the electrostatic type actuator which said diaphragm deforms by impressing an electrical potential difference between said electrodes and diaphragms The electrostatic type actuator characterized by preparing the silicon oxide for joining said diaphragm substrate and electrode substrate directly without using adhesives, and forming said gap in said diaphragm substrate side.

[Claim 2] The manufacture approach of the electrostatic type actuator characterized by carrying out patterning to the configuration of a request of the silicon oxide by the side of a plane of composition, and joining to said electrode substrate after forming the silicon oxide of the thickness it is thin about said gap with thermal oxidation at this silicon wafer using the silicon wafer with which the high-concentration impurity was injected into said diaphragm substrate at the plane-of-composition side of said electrode substrate of a semi-conductor substrate in the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing an electrostatic type actuator according to claim 1.

[Claim 3] The manufacture approach of the electrostatic type actuator which carries out patterning to the configuration of a request of the silicon oxide by the side of a plane of composition, and is characterized by to join to said electrode substrate in the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of claim 1 after forming the silicon oxide of the thickness it is thin about the need gap of an actuator by the oxidizing [ thermally ] method at a plane-of-composition side with said electrode substrate of this semi-conductor substrate using the semi-conductor substrate which has SOI structure in said diaphragm substrate.

[Claim 4] In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of claim 1 A silicon substrate is used for said diaphragm substrate. On a plane of composition with said electrode substrate of this silicon substrate After forming silicon oxide even in the thickness it is thin about the need gap of an actuator on this nitride after forming the silicon nitride used as the thickness of said diaphragm in the whole surface, The manufacture approach of the electrostatic type actuator which carries out patterning to the configuration of a request of the silicon oxide by the side of a plane of composition, and is characterized by joining to said electrode substrate.

[Claim 5] In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of claim 1 After using a silicon wafer for said diaphragm substrate and forming the silicon nitride used as the thickness of said diaphragm on a plane of composition with said electrode substrate of this silicon wafer, After leaving and carrying out patterning of the silicon nitride only to the field which forms said diaphragm, The manufacture approach of the electrostatic type actuator characterized by joining to said electrode substrate after growing up an oxide film even into the thickness which oxidizes thermally by using this nitride as a mask, oxidizes said silicon substrate alternatively, and serves as a need gap of an actuator.

[Claim 6] In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of claim 1 After carrying out the mask of the field used as said diaphragm by the side of the plane of composition of this silicon wafer to said diaphragm using the silicon wafer with which the high-concentration impurity was poured in at the plane-of-composition side with said electrode substrate of a semi-conductor substrate, by oxidizing by thermal oxidation The manufacture approach of the electrostatic type actuator characterized by removing said mask and joining to said electrode substrate after forming in the thickness which oxidizes alternatively and serves as a need gap of an actuator except the field used as said diaphragm.

[Claim 7] In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of claim 1 After carrying out the mask of the field used as said diaphragm on a plane of composition with said electrode substrate of this semi-conductor substrate using the semi-conductor substrate which has SOI structure in said diaphragm substrate, by oxidizing by thermal oxidation The manufacture approach of the electrostatic type actuator characterized by



oxidizing, alternatively except the field used as said diaphragm, removing said mask after forming an oxide film even in the thickness it is thin about the need gap of an actuator, and joining to said electrode substrate.

[Claim 8] The manufacture approach of the electrostatic type actuator characterized by having left the thin film of silicon oxide to the plane-of-composition side of said diaphragm substrate during patterning of an oxide film, or having oxidized thermally again after patterning termination in the manufacture approach of an electrostatic type actuator according to claim 2 or 3, and forming an oxide film in a diaphragm background.

[Claim 9] It is the manufacture approach of the electrostatic type actuator characterized by to join the oxide film of a plane of composition to the account diaphragm substrate of back to front which removed completely before have the process which said electrode substrate forms the resist pattern corresponding to said electrode on a silicon substrate in the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of claim 1, and performs the postheat treatment which performed the ion implantation by using this resist pattern as a mask, and forms a barrier layer and joining to said diaphragm substrate.

[Claim 10] In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing the electrostatic type actuator of claim 1 After said electrode substrate deposits the polish recon film or metal system electric conduction film with which the impurity was poured in on the silicon substrate, The manufacture approach of the electrostatic type actuator characterized by joining to said diaphragm substrate after exposing the silicon substrate which forms the silicon oxide used as an insulator layer, forms the protective coat of a wrap configuration for an electrode pattern, etches by using this protective coat as a mask, and serves as a plane of composition.

[Claim 11] By the silicon oxide which turns into an insulator layer in the diaphragm substrate in which the diaphragm and the individual electrode were formed, and the electrode substrate in which the common electrode was formed, form a gap and it joins. It is the electrostatic type actuator which said diaphragm deforms by impressing an electrical potential difference between said individual electrodes and common electrodes. It is the electrostatic type actuator which said diaphragm substrate is a silicon substrate of low resistance, and is characterized by preparing the silicon oxide for joining said diaphragm substrate and electrode substrate directly without using adhesives, and forming a gap in said diaphragm substrate side.

[Claim 12] In the manufacture approach of an electrostatic type actuator of manufacturing an electrostatic type actuator according to claim 11 On a silicon side with the 1st conductivity type which the semi-conductor substrate which forms said diaphragm has SOI structure, and serves as a plane of composition After forming the silicon oxide of the thickness it is thin about the need gap of an actuator by the oxidizing [ thermally ] method, Patterning of the silicon oxide by the side of a plane of composition is carried out to a desired configuration by the resist. The manufacture approach of the electrostatic type actuator characterized by activating the ion poured in with the heat of the direct junction at the time of junction to a silicon substrate after performing the ion implantation which serves as the 2nd conductivity type by using this pattern film as a mask and forming an individual electrode in diaphragm each.

[Claim 13] The semi-conductor substrate which forms said diaphragm in the manufacture approach of the electrostatic type actuator of claim 11 is a silicon wafer. After forming the silicon nitride used as the thickness of a diaphragm on the silicon side used as a plane of composition, Deposition formation of the silicon oxide is carried out on this nitride even at the thickness it is thin about the need gap of an actuator. By depositing the conductive film on the diaphragm substrate to which this resist was attached, and removing the conductive film of parts other than a diaphragm the whole resist film, after carrying out patterning of this silicon oxide to a desired configuration by the resist The manufacture approach of the electrostatic type actuator characterized by joining to a silicon substrate directly after forming an individual electrode in diaphragm each.

[Claim 14] The ink-jet head characterized by for said actuator to consist of said electrostatic type actuator according to claim 1 or 11 in the electrostatic type ink-jet head which makes an ink droplet breathe out from said nozzle by equipping the diaphragm which forms the wall surface of the nozzle which carries out the regurgitation of the ink droplet, the regurgitation room which a nozzle opens for free passage, and this regurgitation room, and this diaphragm with the actuator which consists of an electrode which set the predetermined gap and carried out opposite arrangement, and impressing an electrical potential difference between said diaphragms and electrodes.

[Claim 15] The diaphragm which forms the wall surface of the nozzle which carries out the regurgitation of the ink droplet, the regurgitation room which a nozzle opens for free passage, and this regurgitation room, and this diaphragm are equipped with the actuator which consists of an electrode which set the predetermined gap and carried out opposite arrangement. In the electrostatic type ink jet head which makes an ink droplet breathe out from said nozzle by impressing an electrical potential difference between said diaphragms and electrodes The ink jet head characterized by said actuator becoming either said claim 2 10 and 12 thru/or 14 from the electrostatic type actuator manufactured by the manufacture approach of a publication.